

Implementación de una aplicación móvil iOS para la gestión de pacientes con enfermedades cardiovasculares.

Módulo Calculador de Bolos de Insulina.

Departamento de arquitectura de computadores y automática



TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE

Realizado por:

Raúl Alonso Fernández

Director:

José Ignacio Hidalgo Pérez

Facultad de Informática

Universidad Complutense de Madrid

Septiembre 2018

Agradecimientos

Me gustaría comenzar agradeciendo a mi tutor, José Ignacio Hidalgo Pérez, por la ayuda prestada durante la realización del proyecto y a todo el personal docente de la facultad de informática por su esfuerzo y dedicación durante todos estos años, gracias a ellos he podido descubrir lo maravilloso que es el mundo de la informática.

Gracias a todos a mis amigos por haberme ayudado y acompañado durante toda mi etapa universitaria y laboral.

A mi familia, en especial a mi padre, el ejemplo perfecto de luchador y trabajador tenaz y a mi madre, a quien recuerdo cada uno de los días de mi vida y que sé que estaría orgullosa del trabajo realizado. Al resto de mi familia gracias también por el apoyo e inestimable confianza que han depositado siempre en mí.

Por último, especial agradecimiento a mi novia Euge, que me ha ayudado, me ha motivado y me ha impulsado a seguir creciendo desde que la conocí tanto en lo personal como en lo profesional.

Gracias a todos ellos por haberme ayudado a conseguir una meta más en la vida.

Resumen

Existen actualmente en torno a 8 millones de aplicaciones móviles en Google Play, 2.2 millones en el App Store y 669 000 para dispositivos Windows Phone, siendo cada una de estas de diferente tipo y ofreciendo distintas funcionalidades. Dada esta variedad, no es de extrañar que cada vez existan más aplicaciones médicas que, ayudan tanto a médicos como a pacientes durante el desarrollo y tratamiento de la enfermedad.

En este proyecto se ha desarrollado una aplicación médica para dispositivos iOS enfocada al tratamiento de enfermedades crónicas y de riesgo cardiovascular. En concreto nos centramos en la diabetes. Por un lado, la finalidad de la aplicación es recomendar al paciente la dosis óptima de insulina que debe tomar en cada momento basándose en los parámetros médicos almacenados sin necesidad de que este tenga que realizar ningún cálculo. Por otro lado, el médico podrá llevar un seguimiento de todos sus pacientes, pudiendo acceder a los datos de cada uno de ellos de manera sencilla e intuitiva.

Con el fin de garantizar la corrección de los datos, también existe un usuario, que idealmente debería ser un/una profesional médico, para gestionar tanto los datos de los pacientes como los de los médicos y corregir cualquier anomalía.

Palabras clave: Diabetes, Aplicación móvil, iOS, Bolos de insulina, Calculador

Abstract

Nowadays there are around 8 million of mobile apps on Google Play, 2.2 million on the App Store and 669 000 for Windows Phone devices, being each of them of different type and offering different features. Due to this variety, it is not surprising that more medical applications that could help doctors and patients during the disease development exist.

In this project has been developed a medical application for iOS devices focused on the treatment of chronic diseases and cardiovascular risk. Specifically, we focus on diabetes. On the one hand, the purpose of the app is to recommend the patient the optimal insulin dose that he or she should take in every moment based on the stored medical parameters without the need of doing any type of calculation. On the other hand, the doctor could monitor all his or her patients, being able to access to the medical information of each one simply and intuitively.

In order to guarantee the data correction, there is also a user, who ideally should be a medical professional, to manage both patient and medical data and to correct any anomalies.

Key words: Diabetes, Mobile application, iOS, Insulin bolus, Calculator

Índice general

Resumen	5
Abstract.....	6
Índice general	7
Índice de figuras	10
Introducción.....	14
1.1. Motivación	14
1.2. Objetivos	14
1.3. Estado del arte.....	15
1.4. Estructura de la memoria	16
Introduction	18
1.1. Motivation.....	18
1.2. Objectives	18
1.3. State of the art	19
1.4. Memory structure.....	20
Especificación de la aplicación.....	22
2.1 Funcionalidades de usuarios no registrados.....	22
2.1.1 Registro de usuario	23
2.1.2 Ver información sobre la diabetes	25
2.2 Funcionalidades de usuarios registrados.....	26
2.2.1 Funcionalidades comunes a todos los perfiles	26
2.2.1.1 Iniciar sesión o <i>log in</i>	26
2.2.1.2 Cerrar sesión	28
2.2.2 Funcionalidades del usuario paciente.....	29
2.2.2.1 Consultar datos perfil paciente.....	30
2.2.2.2 Modificar datos perfil paciente	31
2.2.2.3 Calcular bolo de insulina	32
2.2.3 Funcionalidades del usuario médico	34
2.2.3.1 Ver lista de pacientes asociados a médico.....	35
2.2.3.2 Añadir nuevo paciente	36

2.2.3.3 Consultar paciente	37
2.2.3.4 Modificar datos paciente	38
2.2.3.5 Eliminar paciente	39
2.2.3.6 Consultar datos perfil médico	40
2.2.3.7 Modificar datos perfil médico	41
2.2.4 Funcionalidades del usuario administrador	42
2.2.4.1 Ver lista de pacientes	43
2.2.4.2 Consultar paciente	44
2.2.4.3 Modificar datos del paciente	45
2.2.4.4 Eliminar paciente	46
2.2.4.5 Añadir nuevo paciente	47
2.2.4.6 Ver lista de médicos	48
2.2.4.7 Consultar médico	49
2.2.4.8 Modificar datos perfil médico	50
2.2.4.9 Eliminar médico	51
2.2.4.10 Añadir nuevo médico	52
Arquitectura de la aplicación	53
3.1 Aplicación iOS	54
3.2 Base de datos	54
Modelo de datos	55
4.1 Tabla Usuario	56
4.2 Tabla Contraseña	56
4.3 Tabla Paciente	56
4.4 Tabla Medico	57
4.5 Tabla PacienteMedico	57
4.6 Tabla HistorialBolos	57
Tecnologías	59
5.1 Aplicación iOS	59
5.2 Base de datos	59
5.3 Github	60
Conclusiones	61
Conclusions	62
Trabajo futuro	63

Apéndices	65
8.1 Manual de usuario.....	65
8.1.1 Requisitos de la aplicación.....	65
8.1.2 Funcionalidades de usuarios no registrados	66
8.1.2.1 Ver información sobre diabetes	66
8.1.2.2 Registrar usuario.....	66
8.1.3 Funcionalidades de usuarios registrados	69
8.1.3.1 Iniciar sesión o <i>log in</i>	69
8.1.3.2 Cerrar sesión.....	70
8.1.3.3 Funcionalidades de usuarios paciente.....	70
8.1.3.3.1 Calcular bolo de insulina	70
8.1.3.3.2 Consultar datos perfil paciente y modificar datos perfil paciente	74
8.1.3.4 Funcionalidades de usuarios médico	75
8.1.3.4.1 Ver lista de usuarios asociados a médico.....	75
8.1.3.4.2 Agregar paciente asociado a médico.....	75
8.1.3.4.3 Consultar datos paciente, modificar datos pacientes y eliminar paciente	77
8.1.3.5 Funcionalidades de usuario administrador	78
8.1.3.5.1 Ver lista de pacientes y médicos.....	78
8.1.3.5.2 Agregar nuevo paciente y nuevo médico.....	79
8.1.3.5.3 Consultar, modificar y eliminar paciente/medico	80
8.2 Descripción del calculador de bolos	83
Bibliografía.....	93

Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de caso de uso – Usuario no registrado	22
Figura 2: Ventana - Registro de usuario médico	23
Figura 3: Ventana - Registro de usuario paciente.....	23
Figura 4: Diagrama de actividad – Registrar usuario	24
Figura 5: Ventana - Ver información sobre la diabetes.....	25
Figura 6: Diagrama de actividad – Ver información sobre la diabetes	25
Figura 7: Ventana - Iniciar sesión.....	26
Figura 8: Diagrama de actividad - Iniciar sesión.....	27
Figura 9: Botón cierre de sesión	28
Figura 10: Diagrama de actividad – Cerrar sesión	28
Figura 11: Diagrama de caso de uso - Usuario paciente	29
Figura 12: Ventana - Consultar datos perfil paciente	30
Figura 13: Diagrama de actividad – Consultar datos perfil paciente	30
Figura 14: Modificar datos perfil paciente – mensaje de confirmación	31
Figura 15: Modificar datos perfil paciente – datos paciente modificados.....	31
Figura 16: Modificar datos perfil paciente – datos paciente	31
Figura 17: Diagrama de actividad – Modificar datos perfil paciente	31
Figura 18: Ventana – Calculadora bolo prandial.....	32
Figura 19: Ventana – Calculadora bolo corrector	32
Figura 20: Ventana - Ejemplo resultado bolo prandial.....	32
Figura 21: Ventana - Ejemplo bolo prandial	32
Figura 22: Diagrama de actividad – Calcular bolo de insulina	33
Figura 23: Diagrama de casos de uso – Usuario médico.....	34
Figura 24: Ventana – Lista de pacientes asociados a médico.....	35
Figura 25: Diagrama de actividad – Ver lista de pacientes asociados a médico	35
Figura 26: Ventana – Añadir nuevo paciente desde perfil médico.....	36
Figura 27: Diagrama de actividad – Añadir nuevo paciente desde perfil médico.....	36
Figura 28: Ventana – Añadir nuevo paciente desde perfil médico.....	37
Figura 29: Diagrama de actividad – Consultar paciente desde perfil médico	37
Figura 32: Ventana – Modificar datos paciente con datos paciente iniciales.....	38
Figura 31: Ventana – Modificar datos paciente con datos modificados.....	38
Figura 30: Ventana – Modificar datos paciente mensaje de confirmación	38
Figura 33: Diagrama de actividad – Modificar datos paciente desde perfil médico	38
Figura 34: Ventana – Eliminar paciente desde perfil médico, lista de pacientes	39
Figura 35: Ventana – Eliminar paciente desde perfil médico, mensaje de confirmación	39

Figura 36: Ventana – Eliminar paciente desde perfil médico, lista de pacientes actualizada	39
Figura 37: Diagrama de actividad – Eliminar paciente desde perfil médico.....	39
Figura 38: Ventana – Consultar datos perfil médico	40
Figura 39: Diagrama de actividad – Consultar datos perfil médico	40
Figura 40: Ventana – Modificar datos perfil médico	41
Figura 41: Diagrama de actividad – Modificar datos perfil médico.....	41
Figura 42: Diagrama de casos de uso - Usuario administrador.....	42
Figura 43: Ventana – Ver lista de pacientes perfil administrador	43
Figura 44: Diagrama de actividad - Ver lista de pacientes perfil administrador	43
Figura 45: Ventana – Consultar paciente desde usuario administrador	44
Figura 46: Diagrama de actividad – Consultar paciente desde usuario administrador ..	44
Figura 47: Ventana – Modificar datos del paciente desde perfil administrador, mensaje de confirmación de cambios	45
Figura 48: Ventana – Modificar datos del paciente desde perfil administrador, datos del paciente modificados	45
Figura 49: Ventana – Modificar datos del paciente desde perfil administrador, datos del paciente sin modificar.....	45
Figura 50: Diagrama de actividad – Modificar datos paciente desde usuario administrador.....	45
Figura 51: Ventana - Eliminar paciente desde perfil administrador, lista de pacientes actualizada	46
Figura 52: Ventana - Eliminar paciente desde perfil administrador, mensaje de confirmación	46
Figura 53: Ventana - Eliminar paciente desde perfil administrador, lista de pacientes .	46
Figura 54: Diagrama de actividad – Eliminar paciente desde usuario administrador	46
Figura 55: Ventana – Añadir nuevo paciente desde usuario administrador	47
Figura 56: Diagrama de actividad – Añadir nuevo paciente desde usuario administrador	47
Figura 57: Ventana – Ver lista de médicos desde usuario administrador	48
Figura 58: Diagrama de actividad – Ver lista de médicos desde usuario administrador	48
Figura 59: Ventana – Consultar datos de médico desde usuario administrador.....	49
Figura 60: Diagrama de actividad – Consultar datos de médico desde usuario administrador.....	49
Figura 61: Ventana – Modificar datos de usuario médico desde perfil administrador, mensaje de confirmación	50
Figura 62: Ventana – Modificar datos de usuario médico desde perfil administrador, datos del médico modificados	50
Figura 63: Ventana – Modificar datos de usuario médico desde perfil administrador, datos del médico sin modificar	50
Figura 64: Diagrama de actividad – Modificar datos médico desde usuario administrador.....	50
Figura 65: Ventana – Eliminar médico desde perfil administrador, lista de médicos actualizada	51

Figura 66: Ventana – Eliminar médico desde perfil administrador, mensaje de confirmación	51
Figura 67: Ventana – Eliminar médico desde perfil administrador, lista de médicos	51
Figura 68: Diagrama de actividad – Eliminar médico desde usuario administrador.....	51
Figura 69: Ventana – Añadir nuevo médico desde usuario administrador.....	52
Figura 70: Diagrama de actividad - Añadir nuevo médico desde usuario administrador	52
Figura 71: Arquitectura de la aplicación	53
Figura 72: Modelo relacional	55
Figura 73: Icono aplicación	65
Figura 74: Portada aplicación.....	65
Figura 75: Manual de usuario - Ver información sobre diabetes	66
Figura 76: Manual de usuario – Opción de registro	67
Figura 77: Manual de usuario - Ventana de registro usuario paciente	67
Figura 78: Manual de usuario – Ventana de registro usuario médico	67
Figura 79: Manual de usuario – Mensaje de error campos vacíos	68
Figura 80: Manual de usuario – Condiciones de uso y política de privacidad.....	68
Figura 81: Manual de usuario – Inicio de sesión.....	69
Figura 82: Manual de usuario – Mensaje de campos vacíos al iniciar sesión	70
Figura 83: Manual de usuario – Botón cerrar sesión.....	70
Figura 84: Manual de usuario – Calcular bolo prandial	71
Figura 85: Manual de usuario – Calcular bolo corrector.....	72
Figura 86: Manual de usuario – Resultado bolo de insulina	72
Figura 87: Manual de usuario - Mensaje de notificación comunicando al usuario la imposibilidad de calcular bolo.....	73
Figura 88: Manual de usuario – Mensaje de notificación comunicando al usuario que no necesita ningún bolo	73
Figura 89: Manual de usuario – Consultar y modificar datos perfil paciente	74
Figura 90: Manual de usuario – Mensaje de confirmación de cambios perfil paciente .	74
Figura 91: Manual de usuario – Lista de pacientes usuario médico.....	75
Figura 92: Manual de usuario – Icono agregar paciente nuevo desde perfil médico	75
Figura 93: Manual de usuario – Ventana agregar paciente desde perfil médico.....	76
Figura 94: Manual de usuario – Lista de pacientes actualizada con nuevo paciente	76
Figura 95: Manual de usuario – Datos del paciente	77
Figura 96: Manual de usuario – Mensaje modificación de datos del paciente desde perfil médico	77
Figura 97: Manual de usuario – Mensaje confirmación de eliminación paciente desde perfil médico.....	78
Figura 98: Manual de usuario – Lista de pacientes .	78
Figura 99: Manual de usuario – Lista de médicos	78
Figura 100: Manual de usuario – Agregar nuevo paciente desde perfil administrador..	79
Figura 101: Manual de usuario – Agregar nuevo médico desde perfil administrador ...	80
Figura 102: Manual de usuario – Consultar, modificar y eliminar paciente	80
Figura 103: Manual de usuario – Consultar, modificar y eliminar médico.....	81

Figura 104: Manual de usuario – Mensaje de confirmación de cambios desde perfil administrador.....	81
Figura 105: Manual de usuario – Mensaje de confirmación de eliminación de usuario desde perfil administrador	82

CAPÍTULO 1

Introducción

Existen diferentes factores que una persona con diabetes debe tener en cuenta a lo largo de su día a día; la dieta, la actividad física o la glucosa en sangre son algunas de las tareas que más de 6 millones de personas aproximadamente, solo en España, deben cuidar.

Dado que este proyecto se enmarca dentro de un proyecto mayor para el tratamiento de enfermedades crónicas y cardiovasculares, surge la idea de desarrollar un módulo destinado al tratamiento y seguimiento de la diabetes con el cual el paciente pueda realizar el cálculo de bolos de insulina en base a sus datos médicos, y que pueda ser utilizada también por médicos para llevar el seguimiento de sus pacientes.

A continuación se detallan todas las características de este Trabajo de Fin de Grado correspondiente al Grado en Ingeniería del Software.

1.1. Motivación

Las principales motivaciones para la realización de este proyecto han sido:

1. Interés por el desarrollo de aplicaciones móviles y en concreto por el desarrollo de aplicaciones iOS, las cuales no había estudiado previamente, así como el entorno Mac.
2. Interés por el sector médico y por la salud de las personas, ayudando así a un gran sector de la sociedad.
3. El crear una herramienta desde cero y ver su crecimiento a lo largo del curso académico.
4. Crear una aplicación que no solo gestione usuarios paciente, sino también usuarios médico.

1.2. Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es el de desarrollar una aplicación móvil para dispositivos iOS que permita a los pacientes con diabetes calcular bolos de insulina en base a una serie de parámetros.

A continuación se detallan otros de los objetivos específicos:

1. Diseño de una interfaz gráfica intuitiva y sencilla de utilizar por cualquier tipo de usuario.
2. Decisión del tipo de base de datos más óptima en relación a los datos a utilizar, así como su creación para el almacenaje de los datos de médicos y de pacientes.
3. Desarrollo del algoritmo de cálculo de bolos de insulina de los diferentes pacientes.
4. Creación de un sistema para que los médicos puedan realizar un seguimiento de los datos de cada uno de sus pacientes, así como de los bolos que han calculado.
5. Creación de un usuario administrador con funcionalidad personalizada que pueda gestionar los datos de cualquier paciente o médico.
6. Gestión de la seguridad de las contraseñas mediante encriptación y estructura en base de datos.

1.3. Estado del arte

Con el fin de determinar el grado de impacto que puede tener este proyecto, se ha realizado una investigación de posibles aplicaciones que realicen funciones similares. A continuación se indican algunas de las aplicaciones más destacadas:

- **Diabetes:M**



Aplicación desarrollada por Sirma Medical Systems, para dispositivos iOS y Android, tanto *smartphones* como *tablets*. Como funcionalidades principales tiene las de seguimiento, análisis y cálculo de bolos.

<https://www.diabetes-m.com/>

- **GluQUO – Diario Diabetes y Calculadora de bolos**



Aplicación desarrollada por QUO Health, para dispositivos iOS y Android, tanto *smartphones* como *tablets*. Permite al usuario llevar un análisis de sus datos, calcular bolos de insulina y carbohidratos recomendados (aunque un poco limitado) y añadir recordatorios.

<https://www.quohealth.com/es/gluquo>

- **SocialDiabetes**



Aplicación desarrollada por SocialDiabetes, tanto para dispositivos iOS como Android, tanto *smartphones* como *tablets*. Permite al usuario calcular bolos de insulina, cuenta con calculador de carbohidratos, base de datos de alimentos, gráficas, generación de informes y conexión con el médico.

<https://www.socialdiabetes.com>

- **glUCModel**



Aplicación desarrollado por la Universidad Complutense de Madrid para dispositivos iOS. Esta aplicación no permite el cálculo de bolos de insulina por sí misma, pero permite subir información sobre la glucemia, insulina, dieta o el ejercicio del paciente a la aplicación web www.glucmodel.dacya.ucm.es, donde pacientes y médicos cuentan con numerosas funcionalidades.

<https://itunes.apple.com/us/app/glucmodel/id945626329?l=es&mt=8>

Se puede ver que existen aplicaciones con funcionalidades similares. No obstante, la aplicación desarrollada, aparte de poder permitir a los usuarios pacientes calcular su bolo de insulina recomendado, permite a los usuarios médicos utilizar la aplicación para poder llevar un seguimiento de sus pacientes. Además, permite que un usuario administrador supervise cualquier dato de pacientes y de médicos, lo que garantiza un control sanitario efectivo.

1.4. Estructura de la memoria

La memoria del proyecto se estructura en ocho capítulos, siendo este el primero de ellos.

En el capítulo 2 se hace una explicación detallada de todas las funcionalidades de la aplicación, incluyendo en cada una de ellas su correspondiente diagrama de actividad y ventanas de la interfaz gráfica.

En el capítulo 3 se describen los módulos que componen la arquitectura del sistema, explicándolo de manera gráfica y sencilla.

En el capítulo 4 se explica el tipo de base de datos elegida para la implementación de este módulo y además, se explican cada una de las tablas que componen dicha base de datos.

En el capítulo 5 se describen las tecnologías utilizadas en el proyecto, exponiendo las características de cada una de ellas.

En el capítulo 6 se exponen las principales conclusiones tras el desarrollo del proyecto, analizando las competencias y experiencia adquirida.

En el capítulo 7 se presentan algunos de los posibles trabajos futuros que podrían ser llevados a cabo en el módulo con el fin de mejorar su funcionamiento y versatilidad.

Por último, en el capítulo 8 se presenta un detallado manual de usuario que explica de manera clara y concisa cada una de las funcionalidades del sistema y un documento proporcionado por Absys con la descripción del algoritmo que utiliza el calculador de bolos.

CHAPTER 1

Introduction

There are different factors that a person with diabetes must take into account throughout his day to day; diet, physical activity or blood glucose are some of the tasks that more than 6 million people in Spain must take care of.

Since this project is part of a larger project for the treatment of chronic and cardiovascular diseases, the idea arises to develop a module for the treatment and monitoring of diabetes with which the patient can make the calculation of insulin boluses based on their medical data, and that can also be used by doctors to track their patients.

Below are all the characteristics of this Final Degreee Work corresponding to the Degree in Software Engineering.

1.1. Motivation

The main motivations for the development of this project have been:

1. Interest of the development of mobile applications and specifically in iOS applications, which I had nor previously studied, as well as the Mac environment.
2. Interest in the medical sector and in people's health, thus helping a large sector of society.
3. To create a tool from scratch and see its growth throughout the academic year.
4. To create an application that not only manages patient users, bul also medical users.

1.2. Objectives

The main objective of this project is to develop a mobile application for iOS devices that allows patients with diabetes to calculate insulin boluses based on a set of parameters.

Other specific objectives are detailed below:

1. Design of an intuitive graphical interface that is easy to use by any type of user.
2. Decision of the most optimal type of database in relation to the data to be used, as well as its creation for the storage of medical and patient data.
3. Development of the algorithm for calculating the insulin boluses of the different patients.
4. Creation of a system so that doctors can track the data of each one of their patients, as well as the boluses they have calculated.
5. Creation of an administrator user with personalized functionality that can manage the data of any patient or doctor.
6. Management of password security through encryption and database structure.

1.3. State of the art

In order to determine the degree of impact that this project may have, research has been carried out into possible applications that perform similar functions. Some of the most outstanding applications are listed below:

- **Diabetes:M**



Application developed by Sirma Medical Systems, for iOS and Android devices, both smartphones and tablets. Its main functionalities are tracking, analysis and bolus calculation.

<https://www.diabetes-m.com/>

- **GluQUO – Diabetes Diary and Bolus Calculator**



Application developed by QUO Health, for iOS and Android devices, both smartphones and tablets. It allows the user to carry out an analysis of their data, calculate boluses of insulin and recommended carbohydrates (although a little limited) and add reminders.

<https://www.quohealth.com/es/gluquo>

- **SocialDiabetes**



Application developed by SocialDiabetes, for iOS devices such as Android, both smartphones and tablets. It allows the user to calculate insulin boluses, has carbohydrate calculator, food database, graphs, report generation and connection with the doctor.

<https://www.socialdiabetes.com>

- **glUCModel**



Application developed by the Complutense University of Madrid for iOS devices. This application does not allow the calculation of insulin boluses by itself, but allows to upload information on blood glucose, insulin, diet or exercise of the patient to the web application www.glucmodel.dacya.ucm.es, where patients and doctors have numerous functionalities.

<https://itunes.apple.com/us/app/glucmodel/id945626329?l=es&mt=8>

It can be seen that there are applications with similar functionalities. However, the application developed, apart from allowing patient users to calculate their recommended insulin bolus, allows medical users to use the application to keep track of their patients. In addition, it allows an administrator user, also a doctor, to supervise any patient and doctor data, which guarantees an effective health control.

1.4. Memory structure

The project is structured in eight chapters, being this the first of them.

Chapter 2 provides a detailed explanation of all the functionalities of the application, including in each of them its corresponding activity diagram and windows of the graphical interface.

Chapter 3 describes the modules that make up the system architecture, explaining it graphically and simply.

Chapter 4 explains the type of database chosen for the implementation of this module and also explains each of the tables that make up the database.

Chapter 5 describes the technologies used in the project, explaining the characteristics of each of them.

Chapter 6 presents the main conclusions after the development of the project, analysing the skills and experience acquired.

Chapter 7 presents some of the possible future work that could be carried out in the module in order to improve its performance and versatility.

Finally, Chapter 8 presents a detailed user manual that explains each of the system's functionalities in a clear and concise manner and a document provided by Absys with the description of the algorithm used by the bolus calculator.

CAPÍTULO 2

Especificación de la aplicación

En esta sección se van a comentar todas las funcionalidades que presenta la aplicación, para ello se van a separar en dos grupos principales: el primero corresponde a las funcionalidades que están disponibles en usuarios no registrados aún en la aplicación y un segundo grupo que corresponde a aquellas funcionalidades pertenecientes a usuarios registrados. Asimismo, en este segundo grupo se detallarán las funcionalidades disponibles para cada tipo de usuario registrado.

2.1 Funcionalidades de usuarios no registrados

En este apartado se van a comentar aquellas funcionalidades que están disponibles para aquellos usuarios que no se han registrado aún en la aplicación. Estas funcionalidades también están disponibles para usuarios registrados, que además, contarán con otras funcionalidades adicionales propias de su tipo de usuario.

Dichas funcionalidades se ilustran primeramente en la Figura 1 y posteriormente se comentan más en detalle.

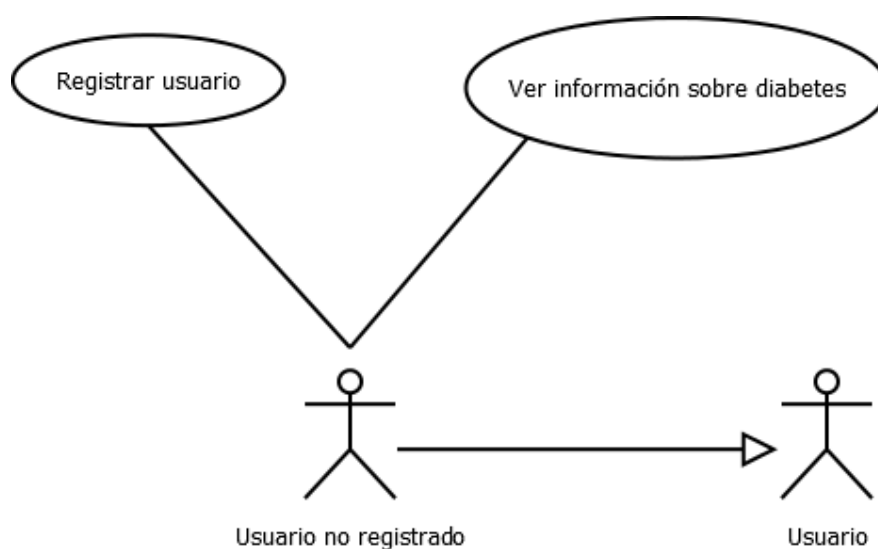


Figura 1: Diagrama de caso de uso – Usuario no registrado

2.1.1 Registro de usuario

Permite a los usuarios que aún no tienen cuenta en la aplicación crearse una para poder utilizarla. Existen dos tipos de usuarios distintos que pueden registrarse: los pacientes (Figura 3), que usarán la aplicación para el cálculo de bolos de insulina, y los médicos (Figura 2), los cuales utilizarán la aplicación para realizar un seguimiento de los pacientes que tengan asignados.

A la hora de realizar el registro, algunos de los campos a completar por cada uno de los usuarios variarán. Además, cada usuario tendrá un nombre de usuario único que no tiene por qué tener relación con su nombre y apellidos originales. (Figura 4)

Carrier 1:14 PM

Atrás

Nombre de usuario:

Introduce una cadena de 9 caracteres como mínimo para asignar una nueva contraseña al paciente.

Contraseña:

Nombre:

Apellidos:

Edad:

Número de colegiado:

Continuar con registro

Figura 2: Ventana - Registro de usuario médico

Carrier 1:14 PM

Atrás

Nombre de usuario:

Introduce una cadena de 9 caracteres como mínimo para asignar una nueva contraseña al paciente.

Contraseña:

Nombre:

Apellidos:

Edad:

Peso:

Valor hipoglucemia:

Ratio insulina/carbohidratos:

Factor de sensibilidad:

Insulina total diaria:

Glucosa objetivo (mg/dl)

Día: Noche:

Intervalo glucemia durante la noche

Min: Max:

Intervalo glucemia durante el día

Min: Max:

Médico asociado: Raúl Alon...

Continuar con registro

Figura 3: Ventana - Registro de usuario paciente

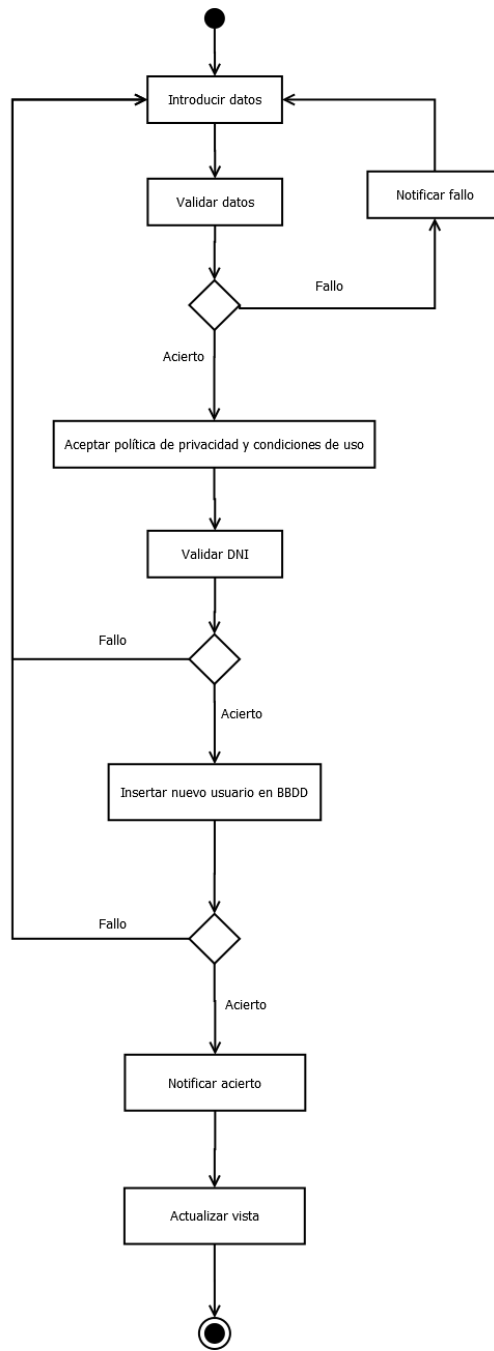


Figura 4: Diagrama de actividad – Registrar usuario

2.1.2 Ver información sobre la diabetes

Muestra información relevante sobre la diabetes y sobre la finalidad de la aplicación (Figura 5 y Figura 6)

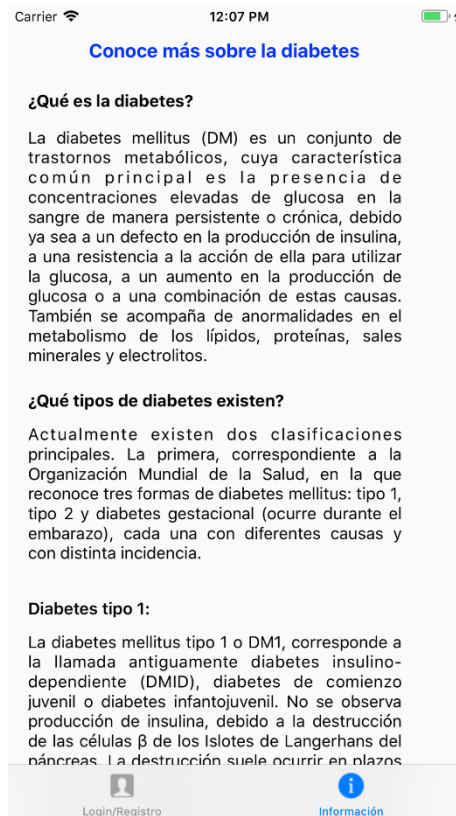


Figura 5: Ventana - Ver información sobre la diabetes

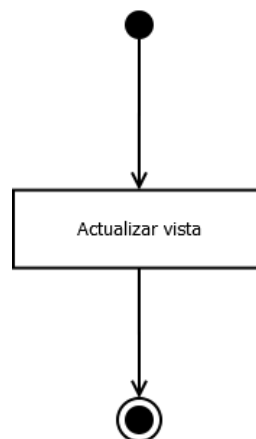


Figura 6: Diagrama de actividad – Ver información sobre la diabetes

2.2 Funcionalidades de usuarios registrados

Tal y como se ha introducido en el comienzo de este capítulo, existen varios tipos de usuarios registrados. En los siguientes subapartados se van a comentar en detalle las funcionalidades de cada uno de ellos. Se comenzará por las funcionalidades comunes en todos los perfiles y se seguirá con los usuarios de tipo paciente, después con los usuarios de tipo médico y por último con el usuario de tipo administrador. Cabe destacar que este último usuario no se puede registrar como los otros dos tipos, sino que por defecto, vendrá registrado en la aplicación, siendo este administrador único.

2.2.1 Funcionalidades comunes a todos los perfiles

Existen dos funcionalidades comunes para todos los perfiles de usuarios registrados. Dichas funcionalidades son la de iniciar sesión y cerrar sesión. A continuación se comentan más en profundidad.

2.2.1.1 Iniciar sesión o *log in*

Permite al usuario autenticarse en la aplicación con sus credenciales, nombre de usuario y contraseña (Figura 7), para poder acceder a las funcionalidades propias de su perfil. En caso de no disponer de una cuenta, en la parte inferior de la ventana el usuario puede acceder al formulario de registro (Figura 8).

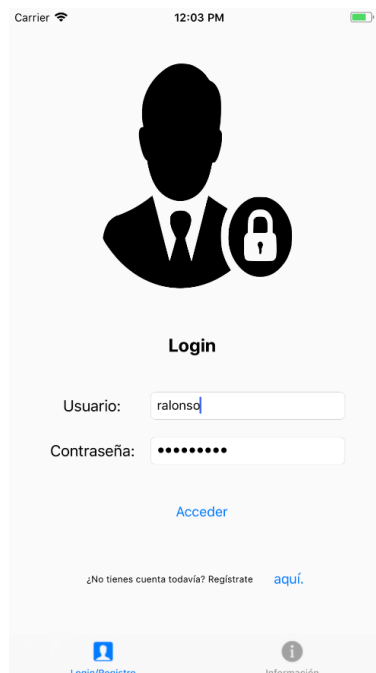


Figura 7: Ventana - Iniciar sesión

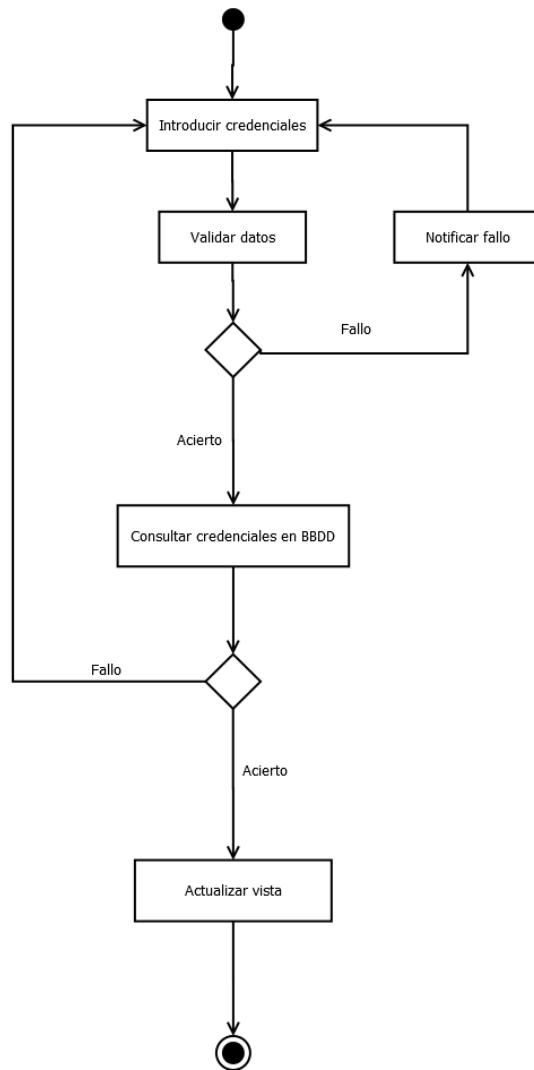


Figura 8: Diagrama de actividad - Iniciar sesión

2.2.1.2 Cerrar sesión

La funcionalidad de cerrar sesión permite abandonar la sesión iniciada por alguno de los usuarios del sistema. En el caso de esta aplicación, los usuarios paciente y médico tendrán un botón en sus respectivos perfiles que les permitirá cerrar su sesión. Por otro lado, el usuario administrador podrá encontrar dicho botón (Figura 9) tanto en la lista de pacientes como en la de médicos, situado en la esquina superior derecha (Figura 10).



Figura 9: Botón cierre de sesión

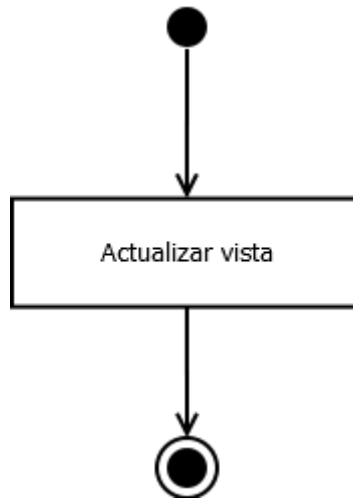


Figura 10: Diagrama de actividad – Cerrar sesión

2.2.2 Funcionalidades del usuario paciente

El propósito principal de este tipo de usuario es el de poder utilizar el calculador de bolos de insulina. Dicho calculador posee un algoritmo que genera, basándose en los datos introducidos por el usuario en el registro de su usuario, y en los datos que solicita el propio calculador en el momento que se accede a él, un bolo de insulina que se adapta a los parámetros del usuario. Además, el usuario tendrá otras opciones relativas a la gestión de su perfil.

En el siguiente diagrama se presentan las funcionalidades de este tipo de usuario (Figura 11).

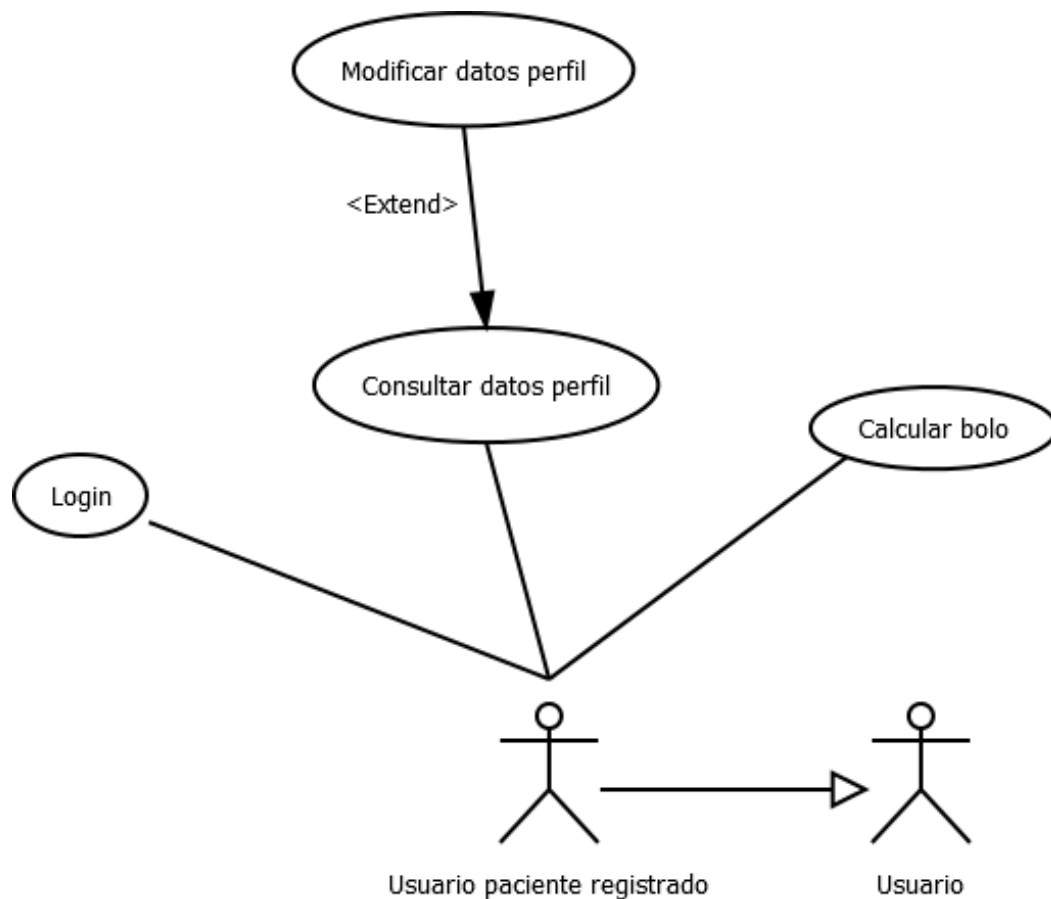


Figura 11: Diagrama de caso de uso - Usuario paciente

2.2.2.1 Consultar datos perfil paciente

Permite al usuario acceder a los datos relativos a su perfil (Figura 12). Estos datos son los mismos que se solicitaron a la hora del registro del perfil (datos personales y datos médicos). Además de los datos personales (nombre, apellidos, edad y peso) y médicos (valor hipoglucemia, ratio insulina/carbohidratos, tiempo retardo insulina, tiempo descenso glucosa, etc.) del paciente, también se muestra el médico asociado (Figura 13).

Carrier 2:22 PM ¡Hola, rnadal!

Tus datos personales son:
Por seguridad tu contraseña no aparecerá. Si deseas cambiarla inserta una nueva.

Contraseña:

Nombre: Rafael

Apellidos: Nadal

Edad: 32 Peso: 85.0

Valor hipoglucemia: 42.0 Ratio insulina/carbohidratos: 1.4

Tiempo retardo insulina: 30.0 Tiempo descenso glucosa: 45.0

Factor de sensibilidad: 40.0

Insulina total diaria: 10.0

Gluc. Obj. Día: 120.0 Gluc. Obj. Noche: 130.0

Gluc. Noche Min: 110.0 Gluc. Noche Max: 140.0

Gluc. Día Min: 100.0 Gluc. Día Max: 140.0

Médico asociado: Santiago Ramón...

[Cambiar datos](#)

Calculadora Perfil paciente

Figura 12: Ventana - Consultar datos perfil paciente

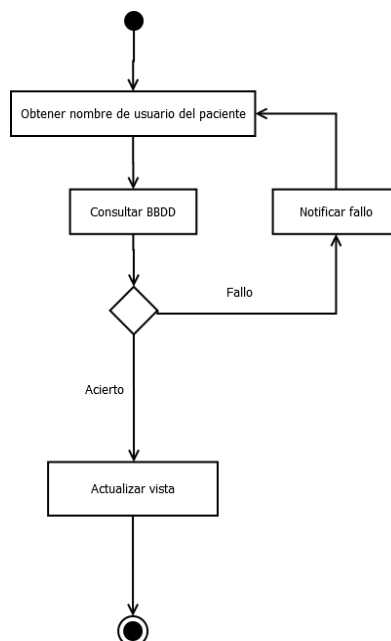


Figura 13: Diagrama de actividad – Consultar datos perfil paciente

2.2.2.2 Modificar datos perfil paciente

Sobre la propia vista que le permite al usuario ver sus datos, él mismo también puede realizar cambios sobre alguno de los datos de su perfil, tanto sobre sus datos personales, sus datos médicos o sobre su contraseña (Figura 14, 15, 16). Para confirmar los cambios el usuario cuenta con un botón en la parte inferior de la ventana (Figura 17).

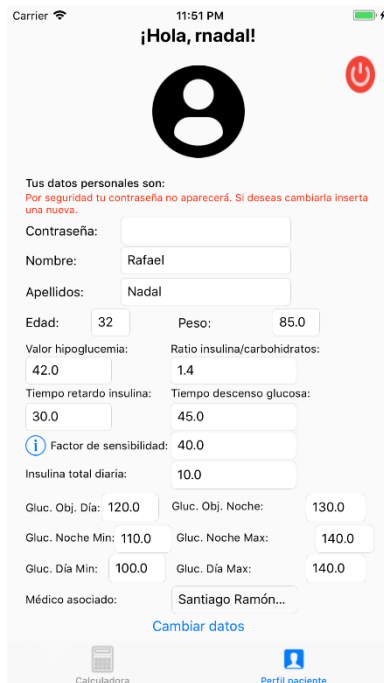


Figura 16: Modificar datos perfil paciente – datos paciente

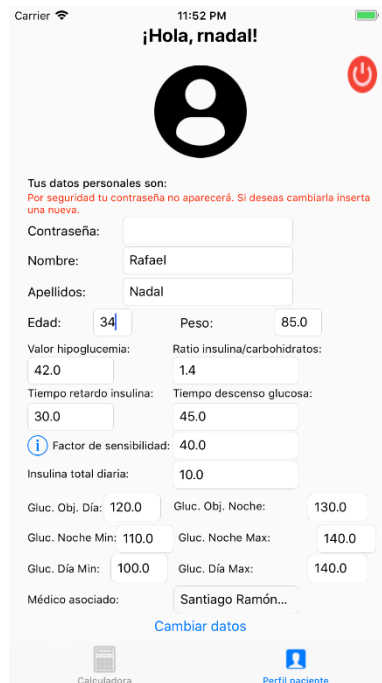


Figura 15: Modificar datos perfil paciente – datos paciente modificados

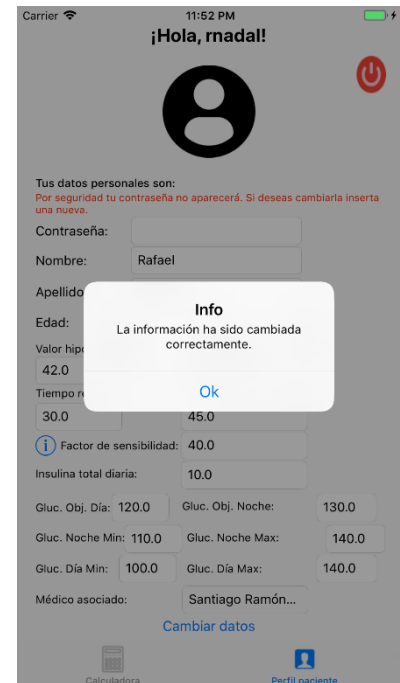


Figura 14: Modificar datos perfil paciente – mensaje de confirmación

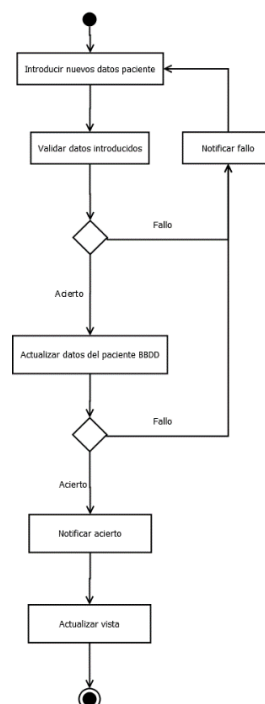


Figura 17: Diagrama de actividad – Modificar datos perfil paciente

2.2.2.3 Calcular bolo de insulina

Permite calcular una recomendación del bolo de insulina que necesita el usuario en un momento determinado. Este cálculo lo realiza el algoritmo, el cual ha sido desarrollado por Absys (*Adaptive and Bioinspired Systems Research Group*), en base a los datos médicos que se tienen del paciente, los cuales fueron insertados en el momento del registro del usuario, y según los datos que introduce en la propia interfaz del calculador. Asimismo, el calculador diferencia entre dos tipos de bolos, el bolo prandial (Figura 18) o el bolo corrector (Figura 19). Una vez que el algoritmo ha generado un resultado, este se muestra en una nueva ventana (Figura 21) (Figura 22). El algoritmo utilizado queda explicado en detalle en el documento proporcionado por Absys en el apartado 8.2 de este documento

Carrier 2:21 PM

Calculador de bolos de insulina

Inserte sus datos para calcular el bolo de insulina requerido

Glucosa en el momento de la recomendación (mg/dl)

Raciones de carbohidratos (1 ración = 10 gr)

Glucosa objetivo antes de la comida (mg/dl)

140

Glucosa objetivo (mg/dl)

Día 120.0 Noche 130.0

Factor de sensibilidad 40.0

Ratio insulina/carbohidratos 1.4

Tipo de bolo Prandial Corrector

Insulina total diaria 10.0

Tiempo desde última comida

Glucosa bolo anterior

Insulina bolo anterior

Calcular recomendación

Calculadora Perfil paciente

Figura 19: Ventana – Calculadora bolo corrector

Carrier 2:21 PM

Calculador de bolos de insulina

Inserte sus datos para calcular el bolo de insulina requerido

Glucosa en el momento de la recomendación (mg/dl)

Raciones de carbohidratos (1 ración = 10 gr)

Glucosa objetivo antes de la comida (mg/dl)

140

Glucosa objetivo (mg/dl)

Día 120.0 Noche 130.0

Factor de sensibilidad 40.0

Ratio insulina/carbohidratos 1.4

Tipo de bolo Prandial Corrector

Gluc. Max Noche 140.0 Gluc. Min Noche 110.0

Gluc. Max Día 140.0 Gluc. Min Día 100.0

Calcular recomendación

Calculadora Perfil paciente

Figura 18: Ventana – Calculadora bolo prandial

Carrier 2:21 PM

Calculador de bolos de insulina

Inserte sus datos para calcular el bolo de insulina requerido

Glucosa en el momento de la recomendación (mg/dl)

120

Raciones de carbohidratos (1 ración = 10 gr)

6

Glucosa objetivo antes de la comida (mg/dl)

140

Glucosa objetivo (mg/dl)

Día 120.0 Noche 130.0

Factor de sensibilidad 40.0

Ratio insulina/carbohidratos 1.4

Tipo de bolo Prandial Corrector

Gluc. Max Noche 140.0 Gluc. Min Noche 110.0

Gluc. Max Día 140.0 Gluc. Min Día 100.0

Calcular recomendación

Calculadora Perfil paciente

Figura 21: Ventana - Ejemplo bolo prandial

Resultado del cálculo

El bolo sugerido es de:

8.4 Unidades

Tipo de bolo calculado: prandial

Importante: Esta recomendación está calculada teniendo en cuenta los datos de sensibilidad introducidos por el usuario. El uso de los bolos de insulina sugeridos por el calculador serán responsabilidad del propio usuario de la aplicación.

Recuerde medir su nivel de glucosa en 1 hora.

Volver a calculador

Figura 20: Ventana - Ejemplo resultado bolo prandial

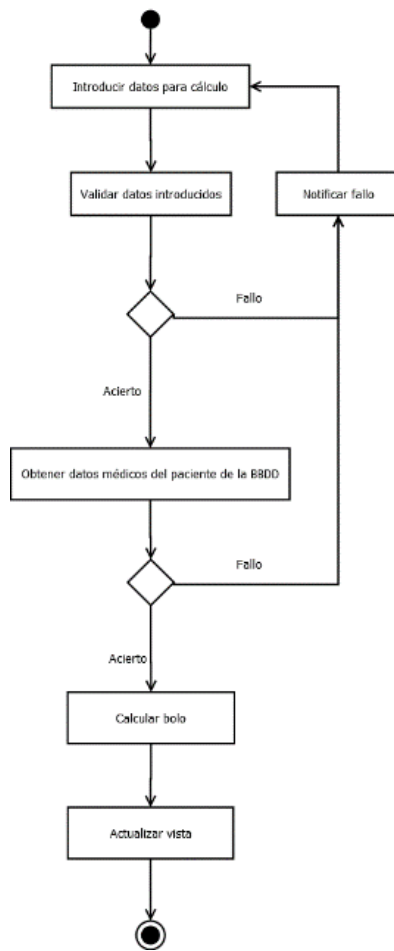


Figura 22: Diagrama de actividad – Calcular bolo de insulina

2.2.3 Funcionalidades del usuario médico

El principal objetivo del usuario médico es la de realizar el seguimiento de los pacientes que tenga asignados. Por ello, este tipo de usuario puede ver el listado de todos sus pacientes así como acceder a los datos médicos de cada uno ellos, entre los que se encuentran los últimos bolos calculados por los pacientes. Asimismo, el médico podrá crear nuevos pacientes. Esta funcionalidad es interesante puesto que puede facilitar e incentivar el uso de la aplicación de los potenciales usuarios.

Además, al igual que sucedía con el perfil de pacientes, el médico podrá ver y modificar su información siempre que lo necesite.

A continuación, se indican las funcionalidades asociadas a este tipo de perfil (Figura 23).

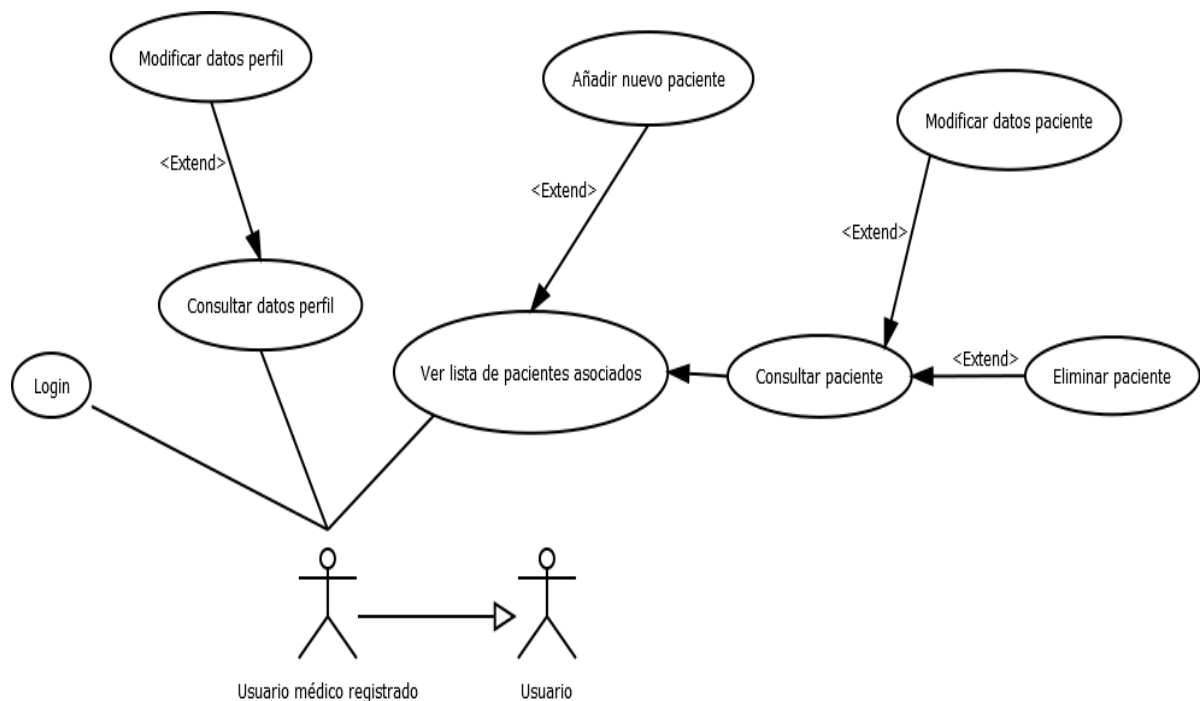


Figura 23: Diagrama de casos de uso – Usuario médico

2.2.3.1 Ver lista de pacientes asociados a médico

Funcionalidad que permite al médico registrado ver todos sus pacientes asociados. La forma en la que se representan los pacientes es en formato tabla (Figura 24) según el nombre y apellidos del paciente (Figura 25).

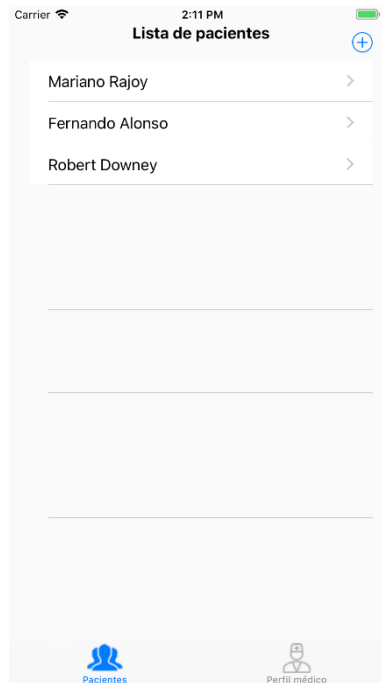


Figura 24: Ventana – Lista de pacientes asociados a médico

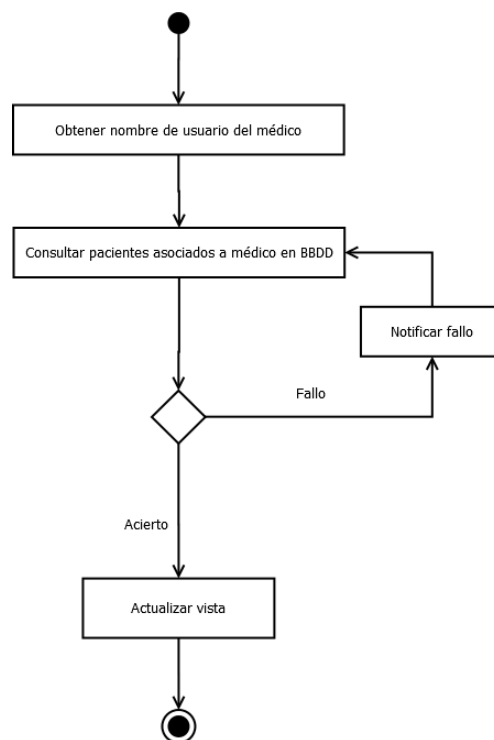


Figura 25: Diagrama de actividad – Ver lista de pacientes asociados a médico

2.2.3.2 Añadir nuevo paciente

Mediante esta funcionalidad el médico autenticado podrá agregar nuevos pacientes que le tengan como médico asociado a él (Figura 26). La creación del mismo será muy similar a la del registro de usuario pero no será necesario seleccionar ningún médico asociado y se asignará una contraseña por defecto que el usuario podrá cambiar posteriormente (Figura 27).

Carrier 2:11 PM Max:

Datos del paciente
Atención: Por defecto la contraseña será 123456789

Nombre de usuario:

DNI:

Nombre:

Apellidos:

Edad: Peso:

Valor hipoglucemia:

Ratio insulina/carbohidratos:

Factor de sensibilidad:

Insulina total diaria:

Glucosa objetivo (mg/dl)
Día: Noche:

Intervalo glucemia durante la noche
Min: Max:

Intervalo glucemia durante el día
Min: Max:

[Crear paciente](#)

Figura 26: Ventana – Añadir nuevo paciente desde perfil médico

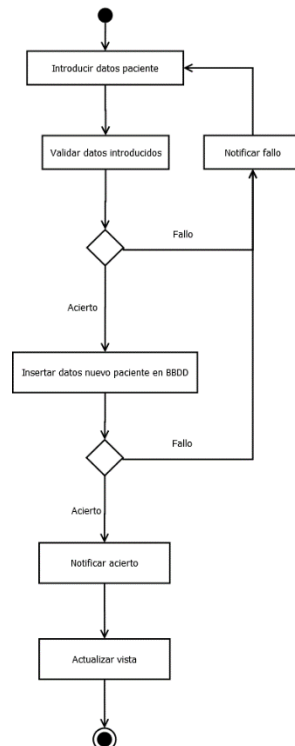


Figura 27: Diagrama de actividad – Añadir nuevo paciente desde perfil médico

2.2.3.3 Consultar paciente

Esta funcionalidad permite al usuario médico poder seguir a cada uno de sus pacientes, pudiendo ver su información médica y los últimos bolos calculados por el paciente, mostrando las unidades de insulina recomendadas, la glucosa en el momento de la recomendación y las raciones de carbohidratos (Figura 28), y detectar así si existe alguna anomalía en su tratamiento (Figura 29).

Carrier 12:14 AM

[Volver a la lista](#)

Datos del paciente

Nombre: Fernando

Apellidos: Alonso

Peso: 70.0 Edad: 34

Valor hipoglucemia: 47.0

Ratio insulina/carbohidratos: 1.4

Factor de sensibilidad: 40.0

Tiempo retardo insulina: 30.0

Tiempo descenso glucosa: 45.0

Insulina total diaria: 13.0

Gluc. Obj. Día: 130.0 Gluc. Obj. Noche: 160.0

Gluc.Min. Noche: 130.0 Gluc.Max. Noche: 170.0

Gluc.Min. Día: 110.0 Gluc.Max. Día: 130.0

Últimos bolos calculados

Los bolos están ordenados de menos a más recientes.

Bolo 1: 9.8, 120, 7

Bolo 2: 7.0, 140, 5

[Modificar paciente](#) [Eliminar paciente](#)

Figura 28: Ventana – Añadir nuevo paciente desde perfil médico

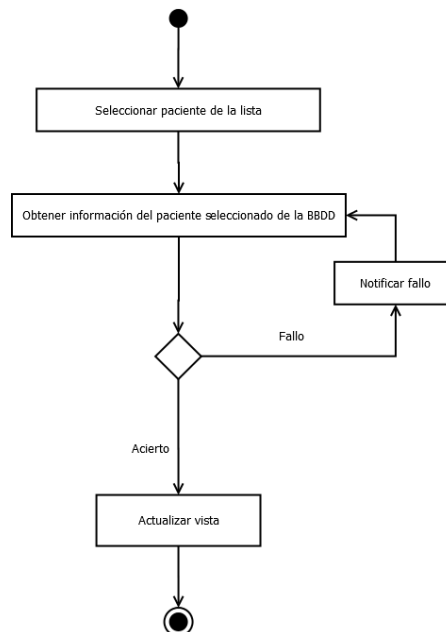


Figura 29: Diagrama de actividad – Consultar paciente desde perfil médico

2.2.3.4 Modificar datos paciente

Mediante esta funcionalidad, el médico puede realizar modificaciones en el perfil del paciente (Figura 30, 31, 32). Dichas modificaciones pueden realizarse en cualquiera de los datos personales y médicos exceptuando el nombre de usuario, contraseña y bolos de insulina (Figura 33).

Carrier 2:13 PM

[Volver a la lista](#)

Datos del paciente

Nombre: Will

Apellidos: Smith

Peso: 93.0 Edad: 56

Valor hipoglucemia: 40.0

Ratio insulina/carbohidratos: 1.5

Factor de sensibilidad: 40.0

Tiempo retardo insulina: 30.0

Tiempo descenso glucosa: 45.0

Insulina total diaria: 13.0

Gluc. Obj. Día: 130.0 Gluc. Obj. Noche: 140.0

Gluc.Min. Noche: 110.0 Gluc.Max. Noche: 160.0

Gluc.Min. Día: 120.0 Gluc.Max Día: 150.0

El usuario aún no ha realizado ningún cálculo.

[Modificar paciente](#) [Eliminar paciente](#)

Figura 30: Ventana – Modificar datos paciente con datos paciente iniciales

Carrier 2:14 PM

[Volver a la lista](#)

Datos del paciente

Nombre: Will

Apellidos: Smith

Peso: 97.0 Edad: 56

Valor hipoglucemia: 40.0

Ratio insulina/carbohidratos: 1.5

Factor de sensibilidad: 40.0

Tiempo retardo insulina: 30.0

Tiempo descenso glucosa: 45.0

Insulina total diaria: 13.0

Gluc. Obj. Día: 130.0 Gluc. Obj. Noche: 140.0

Gluc.Min. Noche: 110.0 Gluc.Max. Noche: 160.0

Gluc.Min. Día: 120.0 Gluc.Max Día: 150.0

El usuario aún no ha realizado ningún cálculo.

[Modificar paciente](#) [Eliminar paciente](#)

Figura 31: Ventana – Modificar datos paciente con datos modificados

Carrier 2:14 PM

[Volver a la lista](#)

Datos del paciente

Nombre: Will

Apellidos: Smith

Peso: 97.0 Edad: 56

Valor hipoglucemia: 40.0

Ratio insulina/carbohidratos: 1.5

Factor de sensibilidad: 40.0

Tiempo retardo insulina: 30.0

Tiempo c

Insulina t

Gluc. Ob

Gluc.Min. Noche: 110.0 Gluc.Max. Noche: 160.0

Gluc.Min. Día: 120.0 Gluc.Max Día: 150.0

El usuario aún no ha realizado ningún cálculo.

[Modificar paciente](#) [Eliminar paciente](#)

Info

Datos actualizados correctamente.

[Ok](#)

Figura 32: Ventana – Modificar datos paciente mensaje de confirmación

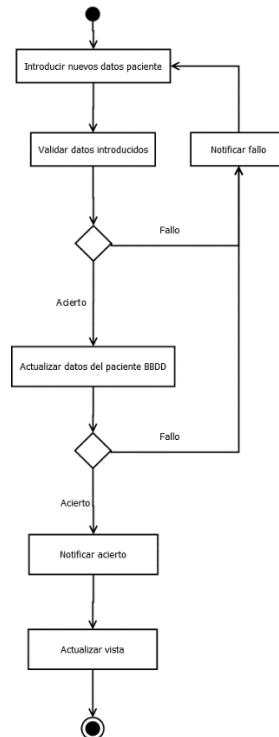


Figura 33: Diagrama de actividad – Modificar datos paciente desde perfil médico

2.2.3.5 Eliminar paciente

La eliminación del paciente permite al usuario médico borrar de la base de datos a aquellos pacientes que, por cualquier razón, ya no deseen seguir utilizando la aplicación. Antes de eliminar al paciente, el sistema muestra una ventana de confirmación (Figura 34, 35, 36). (Figura 37)

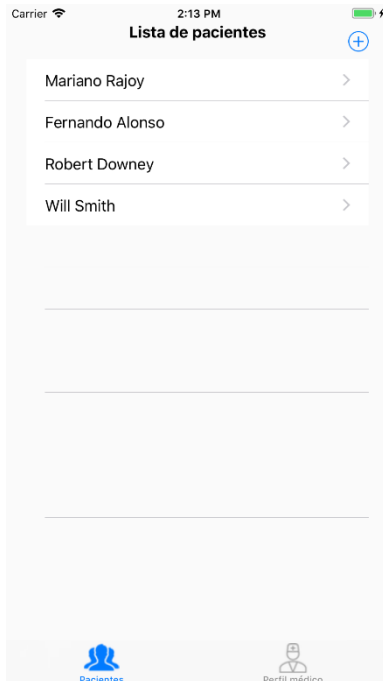


Figura 34: Ventana – Eliminar paciente desde perfil médico, lista de pacientes

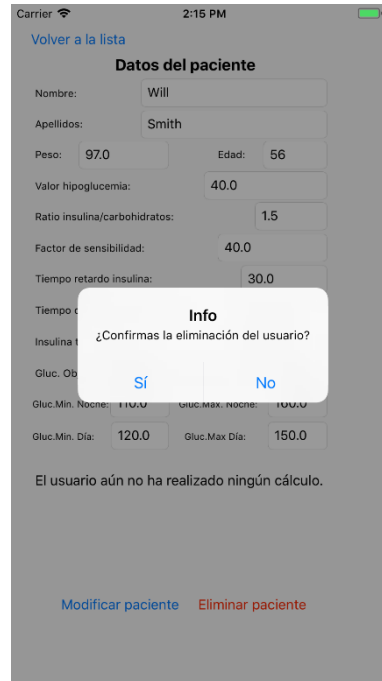


Figura 35: Ventana – Eliminar paciente desde perfil médico, mensaje de confirmación

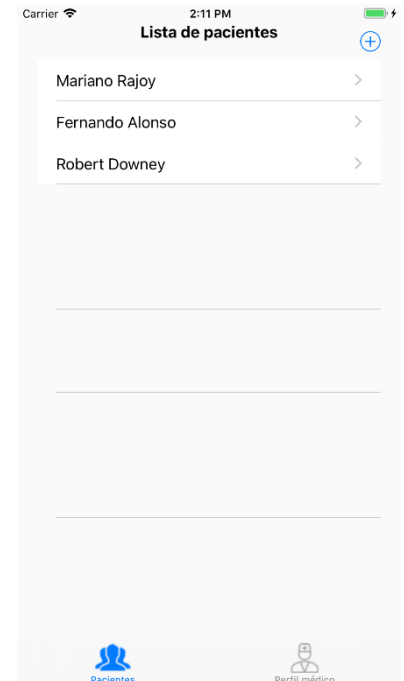


Figura 36: Ventana – Eliminar paciente desde perfil médico, lista de pacientes actualizada

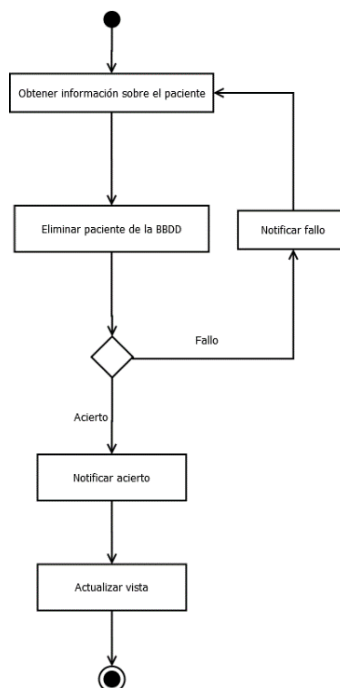


Figura 37: Diagrama de actividad – Eliminar paciente desde perfil médico

2.2.3.6 Consultar datos perfil médico

Permite al usuario acceder a los datos relativos a su perfil (Figura 38). Estos datos son los mismos que se solicitaron a la hora del registro del perfil (nombre, apellido, edad y número de colegiado) (Figura 39).

The screenshot shows a mobile application interface. At the top, the status bar displays 'Carrier', signal strength, '12:04 PM', and battery level. The app header says '¡Hola, ralonso!' with a red power button icon. Below the header is a large circular icon of a doctor with a stethoscope and a heart. The text 'Tus datos personales son:' is followed by a red warning: 'Por seguridad tu contraseña no aparecerá. Si deseas cambiarla inserta una nueva.' Below this are input fields for 'Contraseña:', 'Nombre:' (filled with 'Raúl'), 'Apellidos:' (filled with 'Alonso Fernández'), 'Edad:' (filled with '25'), and 'Nº colegiado:' (filled with '12345E'). A blue link 'Cambiar datos' is below the fields. At the bottom, there are two icons: 'Pacientes' and 'Perfil médico' (which is highlighted).

Figura 38: Ventana – Consultar datos perfil médico

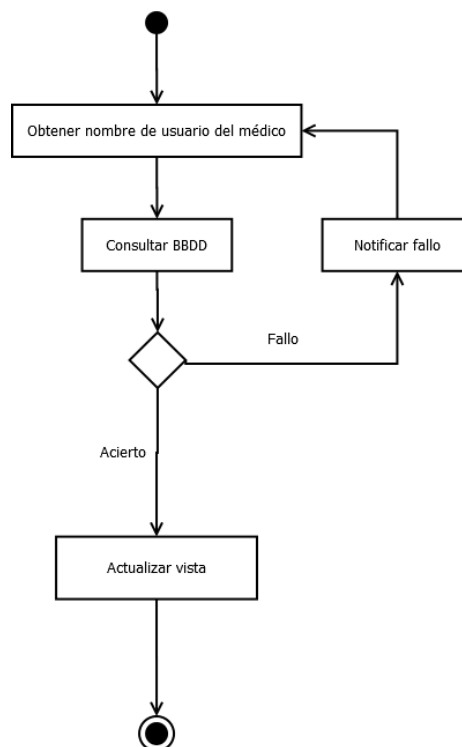


Figura 39: Diagrama de actividad – Consultar datos perfil médico

2.2.3.7 Modificar datos perfil médico

Sobre la propia vista que le permite al usuario médico ver sus datos, el usuario también puede realizar cambios sobre alguno de los datos de su perfil, tanto sobre sus datos personales, sus datos médicos o sobre su contraseña (Figura 40). Para confirmar los cambios el usuario cuenta con un botón en la parte inferior de la ventana (Figura 41).

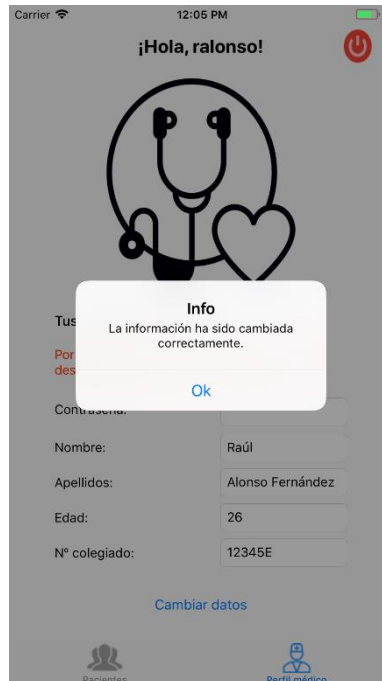


Figura 40: Ventana – Modificar datos perfil médico

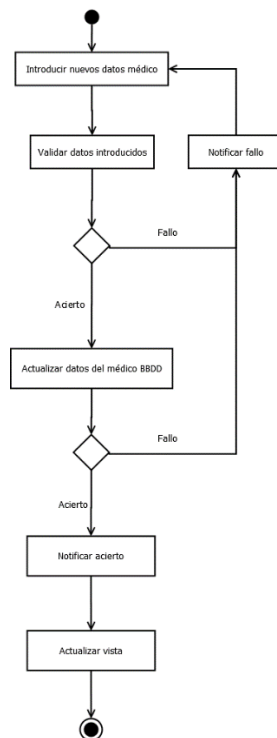


Figura 41: Diagrama de actividad – Modificar datos perfil médico

2.2.4 Funcionalidades del usuario administrador

El usuario administrador tiene como objetivo principal la gestión y mantenimiento de pacientes y médicos, y es por ello que este es el usuario que cuenta con más funcionalidades asociadas. Mediante este usuario se intentará mantener la corrección de los datos sobre pacientes y médicos sin necesidad de tener conocimientos técnicos en bases de datos.

A continuación, se detallan las operaciones asociadas a este tipo de usuario (Figura 42):

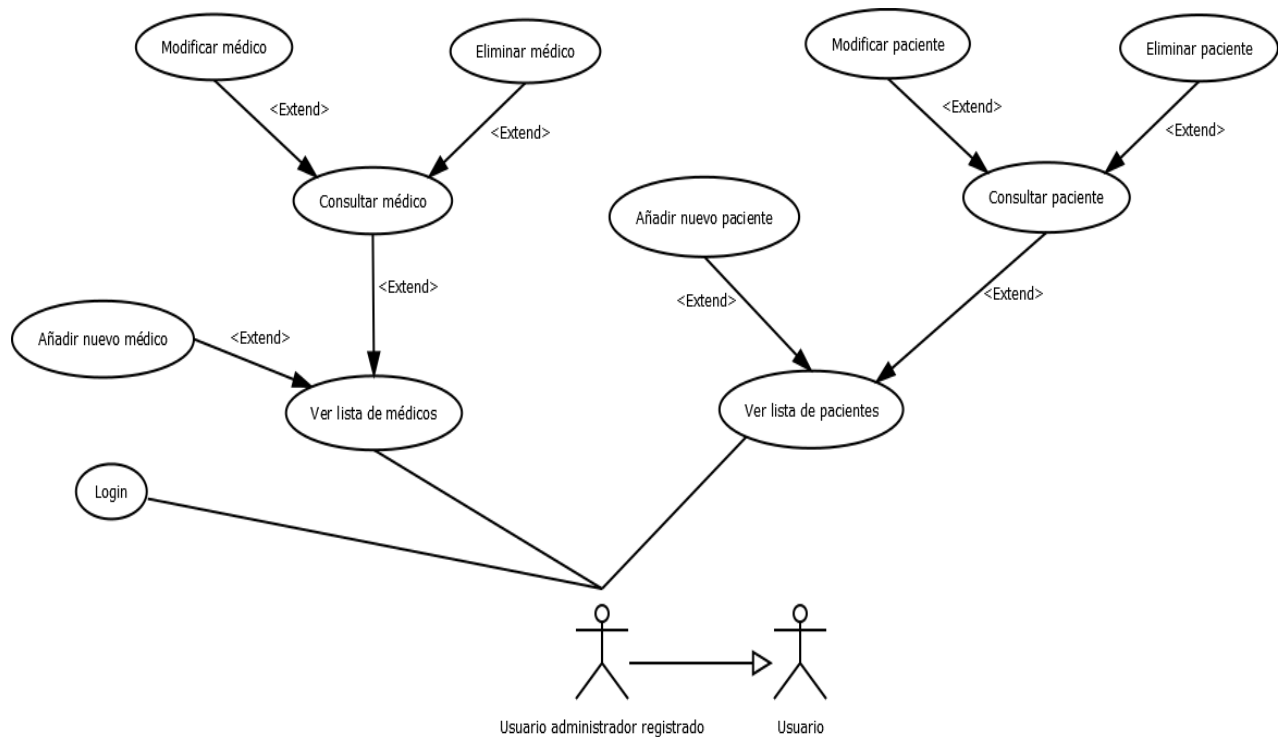


Figura 42: Diagrama de casos de uso - Usuario administrador

2.2.4.1 Ver lista de pacientes

Mediante esta funcionalidad el administrador de la aplicación puede ver todos los pacientes almacenados en la base de datos en formato tabla (Figura 43). Dichos pacientes aparecen identificados por su nombre y apellidos (Figura 44).

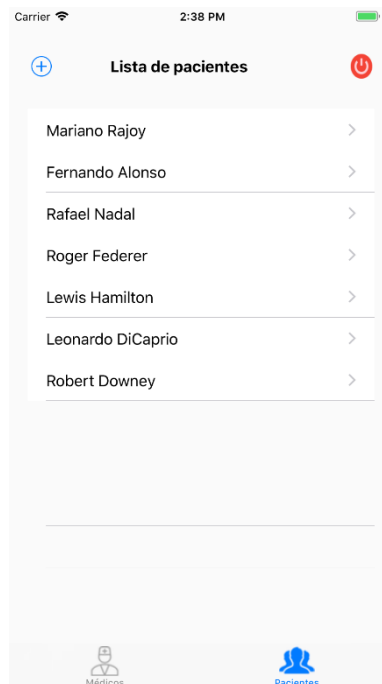


Figura 43: Ventana – Ver lista de pacientes perfil administrador

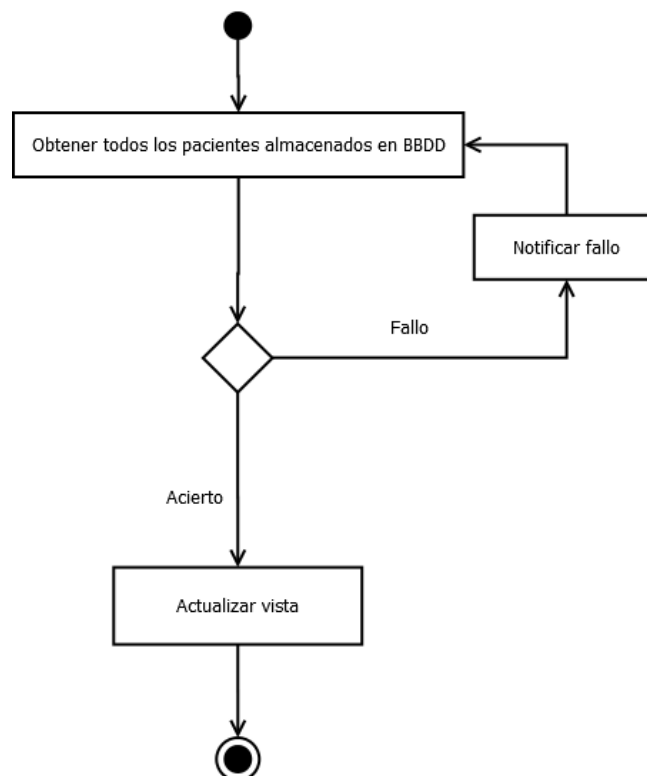


Figura 44: Diagrama de actividad - Ver lista de pacientes perfil administrador

2.2.4.2 Consultar paciente

Permite al usuario acceder a los datos relativos a un paciente determinado. El usuario administrador puede ver todos los datos personales y médicos del paciente, así como el médico asociado (Figura 45). (Figura 46)

Carrier 12:24 AM

[Volver a la lista](#)

Datos del paciente

Usuario: mrajoy

Introduce una cadena de 9 caracteres como mínimo para asignar una nueva contraseña al paciente.

Contraseña:

DNI: 05950837R

Nombre: Mariano

Apellidos: Rajoy

Edad: 63 Peso: 80.0

Ratio insulina/carbohidratos: 1.2

Insulina total diaria: 12.0

V. Hipoglucemia: 52.0 F. Sens: 40.0

T. Ret. Insu.: 30.0 T. Des. Gluc.: 45.0

Gluc. Obj. Día: 120.0 Gluc. Obj. Noche: 150.0

Gluc.Min. Noche: 130.0 Gluc.Max. Noche: 160.0

Gluc.Min. Día: 110.0 Gluc.Max Día: 130.0

Medico asociado: Raúl Alonso

[Modificar paciente](#) [Eliminar paciente](#)

Figura 45: Ventana – Consultar paciente desde usuario administrador

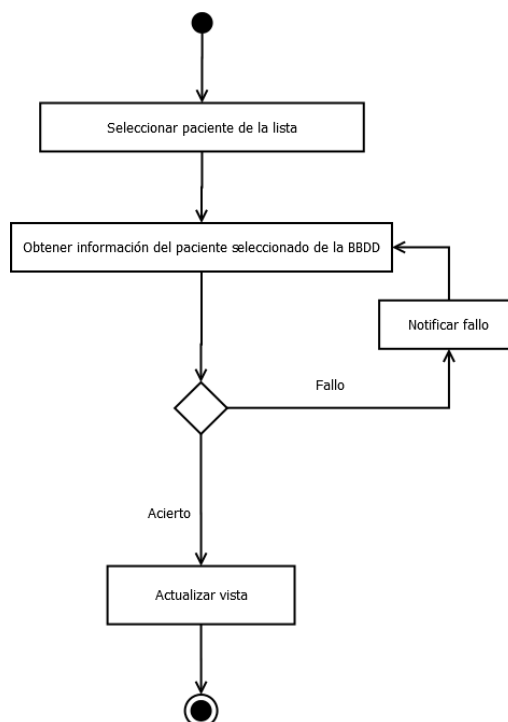


Figura 46: Diagrama de actividad – Consultar paciente desde usuario administrador

2.2.4.3 Modificar datos del paciente

Una vez que el usuario administrador ha seleccionado el paciente, este podrá modificar cualquiera de los datos personales, incluyendo el nombre de usuario y la contraseña, y cualquiera de los datos médicos, incluyendo también el médico asociado al paciente (Figura 47, 48 y 49). Para confirmar los cambios, el usuario cuenta con un botón en la parte inferior de la ventana (Figura 50).

Figura 49: Ventana – Modificar datos del paciente desde perfil administrador, datos del paciente sin modificar

Figura 48: Ventana – Modificar datos del paciente desde perfil administrador, datos del paciente modificados

Figura 47: Ventana – Modificar datos del paciente desde perfil administrador, mensaje de confirmación de cambios

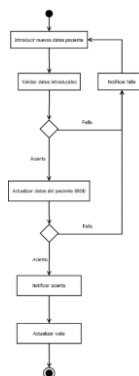


Figura 50: Diagrama de actividad – Modificar datos paciente desde usuario administrador

2.2.4.4 Eliminar paciente

Permite al usuario administrador poder eliminar cualquiera de los pacientes existentes en la base de datos. Dicha funcionalidad está presente al acceder a los datos del paciente, en la parte inferior de la ventana (Figura 51, 52 y 53). (Figura 54)

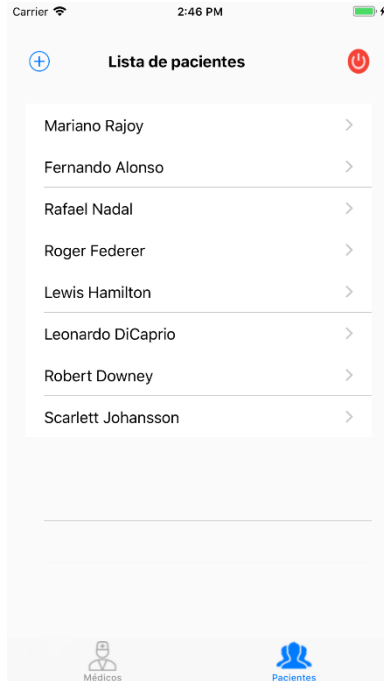


Figura 53: Ventana - Eliminar paciente desde perfil administrador, lista de pacientes



Figura 52: Ventana - Eliminar paciente desde perfil administrador, mensaje de confirmación

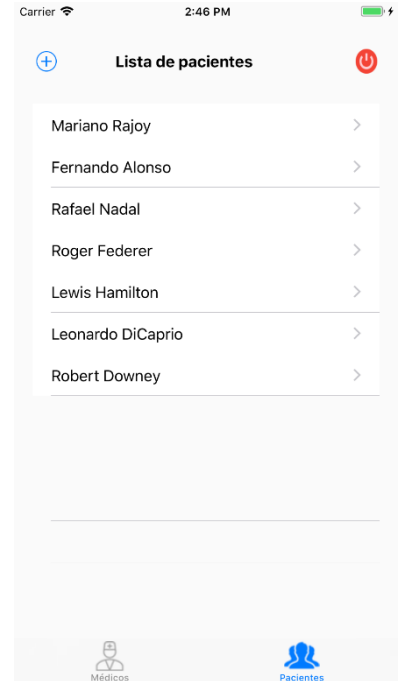


Figura 51: Ventana - Eliminar paciente desde perfil administrador, lista de pacientes actualizada

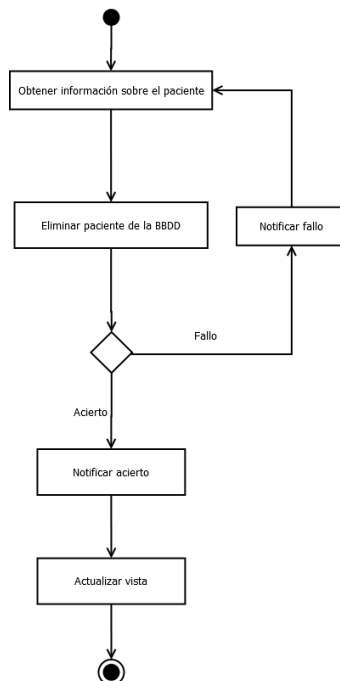


Figura 54: Diagrama de actividad – Eliminar paciente desde usuario administrador

2.2.4.5 Añadir nuevo paciente

Permite al usuario administrador crear un usuario paciente. Al igual que con el registro de usuarios, el administrador tendrá que elegir un nombre de usuario que no haya sido utilizado antes por otro usuario, e introducir el resto de datos personales y médicos sobre el paciente (Figura 55). (Figura 56)

Carrier 2:43 PM

[Volver a la lista](#)

Nuevo paciente

Usuario: sjohansson

Introduce una cadena de 9 caracteres como mínimo para asignar una nueva contraseña al paciente.

Contraseña: ••••••••

DNI: 05950837R

Nombre: Scarlett

Apellidos: Johansson

Peso: 56 Edad: 1.60

Ratio insulina/carbohidratos: 1.2

F. Sens.: 40 V. Hipo.: 45

Tiempo retardo insulina: 30

Tiempo descenso glucosa: 45

Insulina total diaria: 13

Gluc. Obj. Día: 120 Gluc. Obj. Noche: 150

Gluc. Min. Día: 100 Gluc. Max Día: 170

Gluc. Min. Noche: 110 Gluc. Max. Noche: 170

Médico asociado: Raúl Alonso

[Crear paciente](#)

Figura 55: Ventana – Añadir nuevo paciente desde usuario administrador

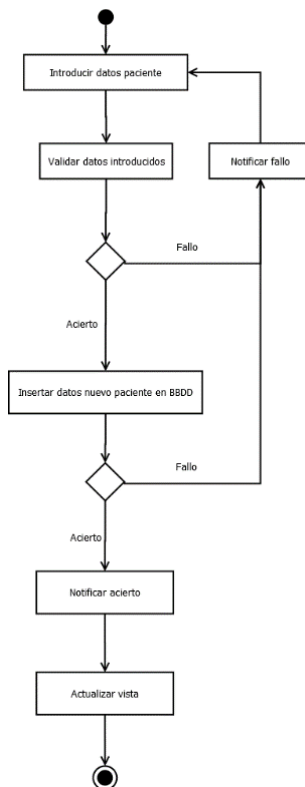


Figura 56: Diagrama de actividad – Añadir nuevo paciente desde usuario administrador

2.2.4.6 Ver lista de médicos

El usuario puede ver todos los médicos almacenados en la base de datos en formato tabla (Figura 57). Dichos médicos aparecen representados en la tabla por su nombre y apellidos (Figura 58).

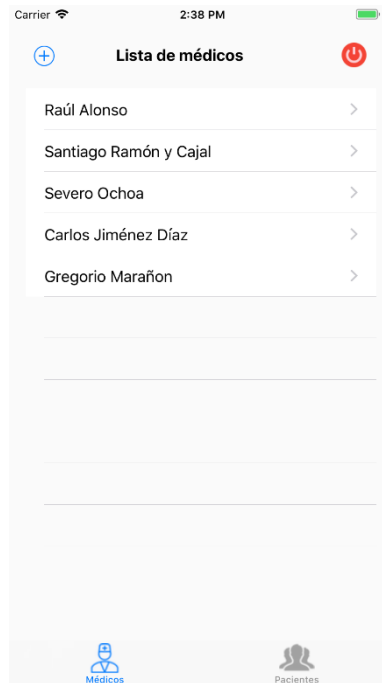


Figura 57: Ventana – Ver lista de médicos desde usuario administrador

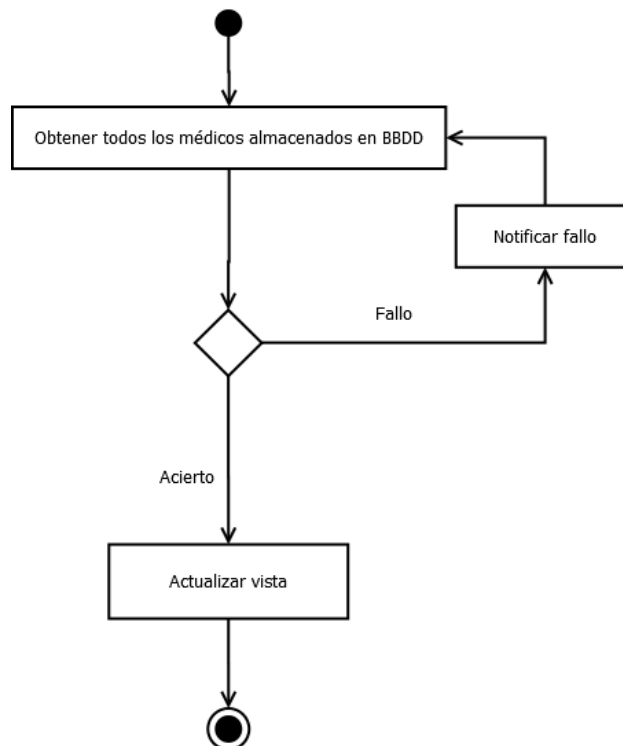


Figura 58: Diagrama de actividad – Ver lista de médicos desde usuario administrador

2.2.4.7 Consultar médico

Una vez se ha seleccionado el usuario que se desea mostrar, aparece en una nueva ventana toda la información relativa al usuario médico, tanto datos personales como datos médicos y el número de pacientes asociados (Figura 59). (Figura 60)

Carrier 12:24 AM

[Volver a la lista](#)

Datos del médico

Usuario:

Introduce una cadena de 9 caracteres como mínimo para asignar una nueva contraseña al paciente.

Contraseña:

Nombre:

Apellidos:

N° colegiado:

Edad:

DNI:

N° de pacientes asignados:

[Modificar médico](#) [Eliminar médico](#)

Figura 59: Ventana – Consultar datos de médico desde usuario administrador

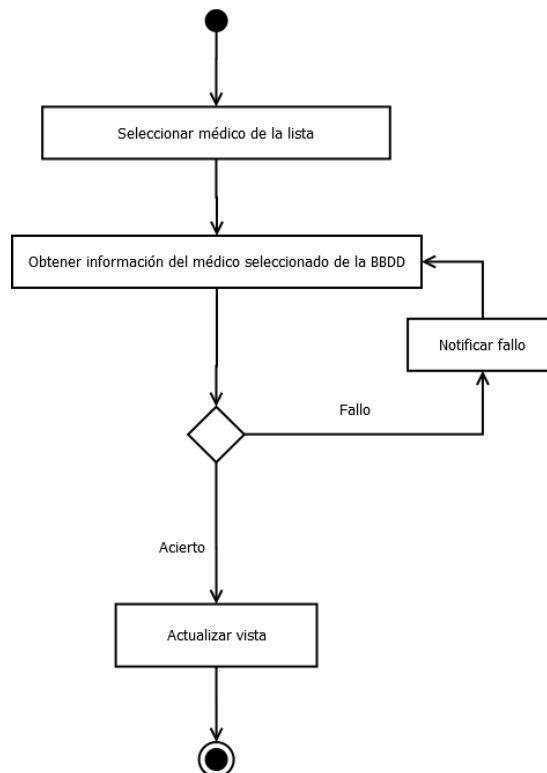


Figura 60: Diagrama de actividad – Consultar datos de médico desde usuario administrador

2.2.4.8 Modificar datos perfil médico

Sobre la propia vista que le permite al usuario administrador ver los datos de un médico, el usuario también puede realizar cambios sobre cualquiera de los campos del usuario médico (Figura 61, 62 y 63). Para confirmar los cambios, el usuario cuenta con un botón en la parte inferior de la ventana (Figura 64).

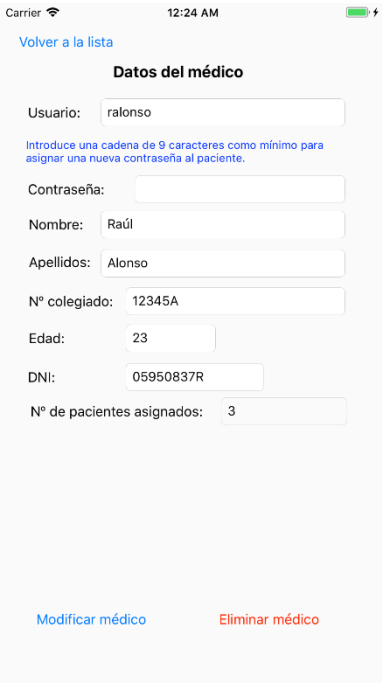


Figura 63: Ventana – Modificar datos de usuario médico desde perfil administrador, datos del médico sin modificar

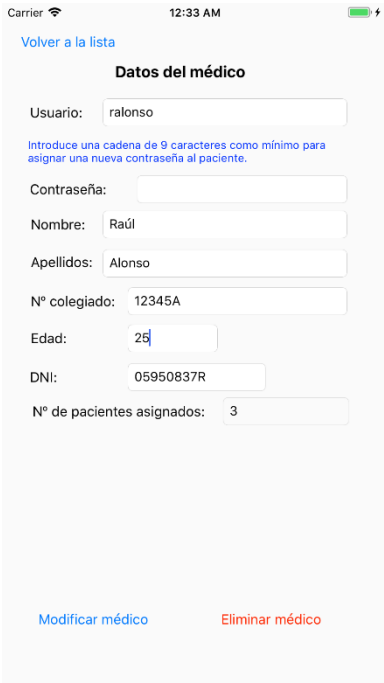


Figura 62: Ventana – Modificar datos de usuario médico desde perfil administrador, datos del médico modificados

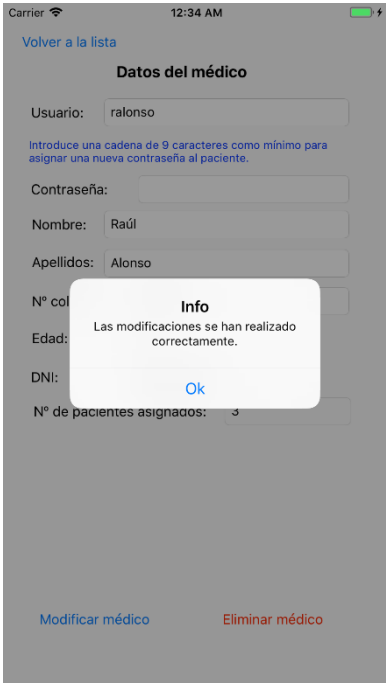


Figura 61: Ventana – Modificar datos de usuario médico desde perfil administrador, mensaje de confirmación

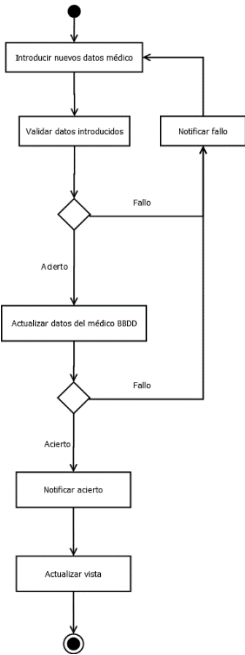


Figura 64: Diagrama de actividad – Modificar datos médico desde usuario administrador

2.2.4.9 Eliminar médico

Permite al administrador eliminar de la base de datos cualquier médico que se precise. Si el médico tenía pacientes asociados, se eliminan también dichas asociaciones. Antes de eliminar el médico, el sistema muestra una ventana de confirmación (Figura 65, 66 y 67). (Figura 68)

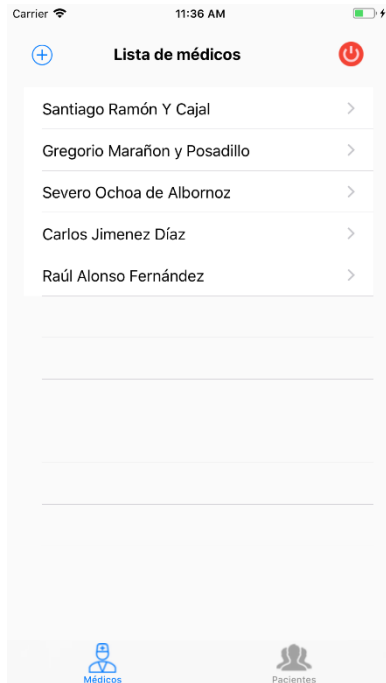


Figura 67: Ventana – Eliminar médico desde perfil administrador, lista de médicos

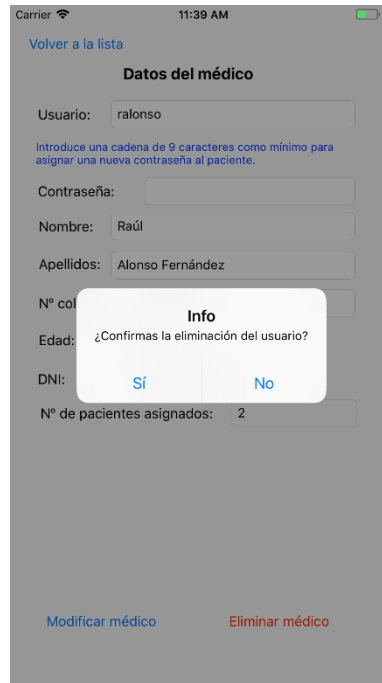


Figura 66: Ventana – Eliminar médico desde perfil administrador, mensaje de confirmación

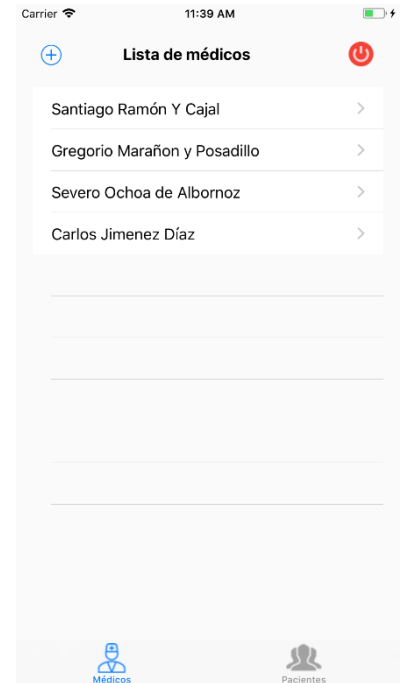


Figura 65: Ventana – Eliminar médico desde perfil administrador, lista de médicos actualizada

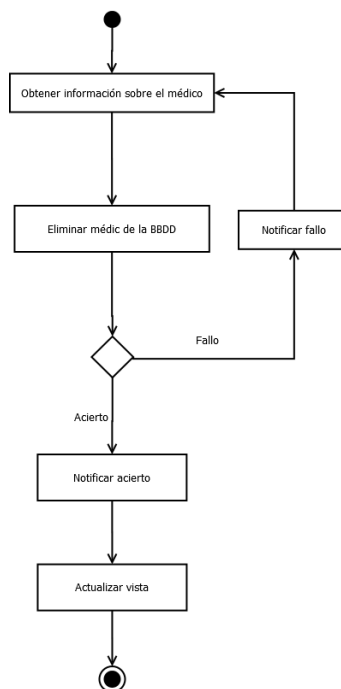


Figura 68: Diagrama de actividad – Eliminar médico desde usuario administrador

2.2.4.10 Añadir nuevo médico

Permite al usuario administrador crear un usuario médico. Al igual que con el registro de usuario, el administrador tendrá que elegir un nombre de usuario que no haya sido utilizado antes por otro usuario e introducir el resto de datos personales y médicos sobre el médico (Figura 69). (Figura 70)

Carrier 12:10 PM

[Volver a lista](#)

Nuevo médico

Usuario:

Introduce una cadena de 9 caracteres como mínimo para asignar una nueva contraseña al paciente.

Contraseña:

Nombre:

Apellidos:

Edad:

N° colegiado:

DNI:

[Crear médico](#)

Figura 69: Ventana – Añadir nuevo médico desde usuario administrador

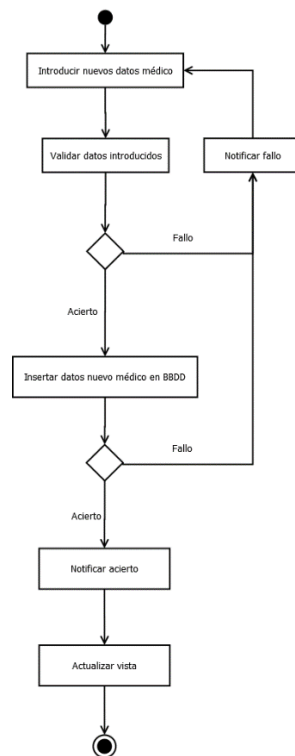


Figura 70: Diagrama de actividad - Añadir nuevo médico desde usuario administrador

CAPÍTULO 3

Arquitectura de la aplicación

El sistema consta de una aplicación iOS junto con una base de datos SQL alojadas en el propio dispositivo. A continuación, se explica más detalladamente cada uno de estos elementos.

La ilustración Figura 71 refleja un esquema sobre las tecnologías empleadas en la arquitectura del proyecto.

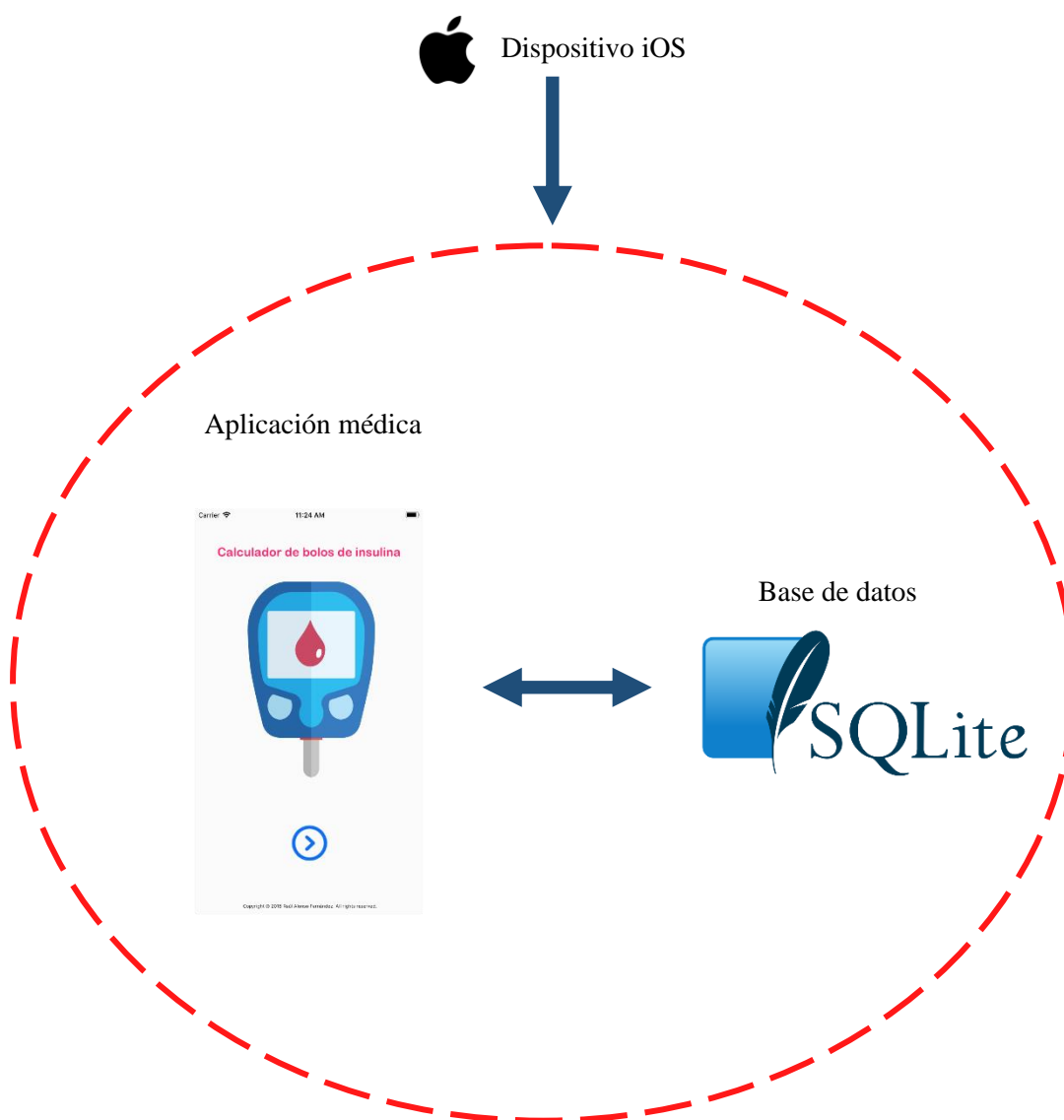


Figura 71: Arquitectura de la aplicación

3.1 Aplicación iOS

La aplicación está dirigida a dispositivos iOS, en especial a teléfonos móviles, siendo compatibles desde la versión 8.0 en adelante. Para obtener los óptimos resultados, se aconseja utilizar la versión 11 en cualquiera de sus variantes; si es posible, la 11.4.1 que es la más actualizada hasta el momento.

Desde la versión 8.0 hasta la actual 11 de iOS, el sistema operativo ha sufrido una gran cantidad de cambios relativos principalmente a accesibilidad, manejo general del sistema y una mejora del rendimiento que afecta directamente a las aplicaciones. Es por todo ello por lo que se aconseja la utilización de la última versión de iOS 11.

3.2 Base de datos

La base de datos utilizada por la aplicación, así como la propia aplicación, se encuentran alojadas en el propio dispositivo, por ello, no sería necesario realizar configuraciones adicionales al instalar la aplicación o similares.

La aplicación utiliza de manera continua los datos de pacientes y médicos, por lo que la escritura y lectura debía funcionar de manera eficiente independientemente de la cantidad de datos almacenados. Es por ello que inicialmente contemplé utilizar una base de datos no relacional, las cuales permiten leer y escribir grandes cantidades de datos de manera eficiente y que permiten variar con facilidad la estructura de los datos. Además, dado que la finalidad de este proyecto era la de aprender e investigar nuevas tecnologías, podía ser también un punto interesante.

Sin embargo, debido a que la información que se iba a utilizar tenía una estructura claramente definida y por la necesidad de tener que realizar *joins* entre tablas con frecuencia, lo cual no se realiza de manera eficiente en las bases de datos no relaciones, me decanté finalmente por una base de datos relacional.

Por tanto, la base de datos que finalmente se utilizó fue SQLite [6].

CAPÍTULO 4

Modelo de datos

En esta aplicación la gestión de los datos es de gran importancia, gestionando datos sobre dos tipos de grupos claramente diferenciados, los pacientes y los médicos.

La base de datos utilizada ha sido SQL Lite 3 que ha permitido una gran versatilidad a la hora de gestionar los datos y que presenta una gran eficiencia.

En la Figura 72 se presenta el modelo relacional de la base de datos para tener una idea más amplia de las tablas y del contenido almacenado en la base de datos.

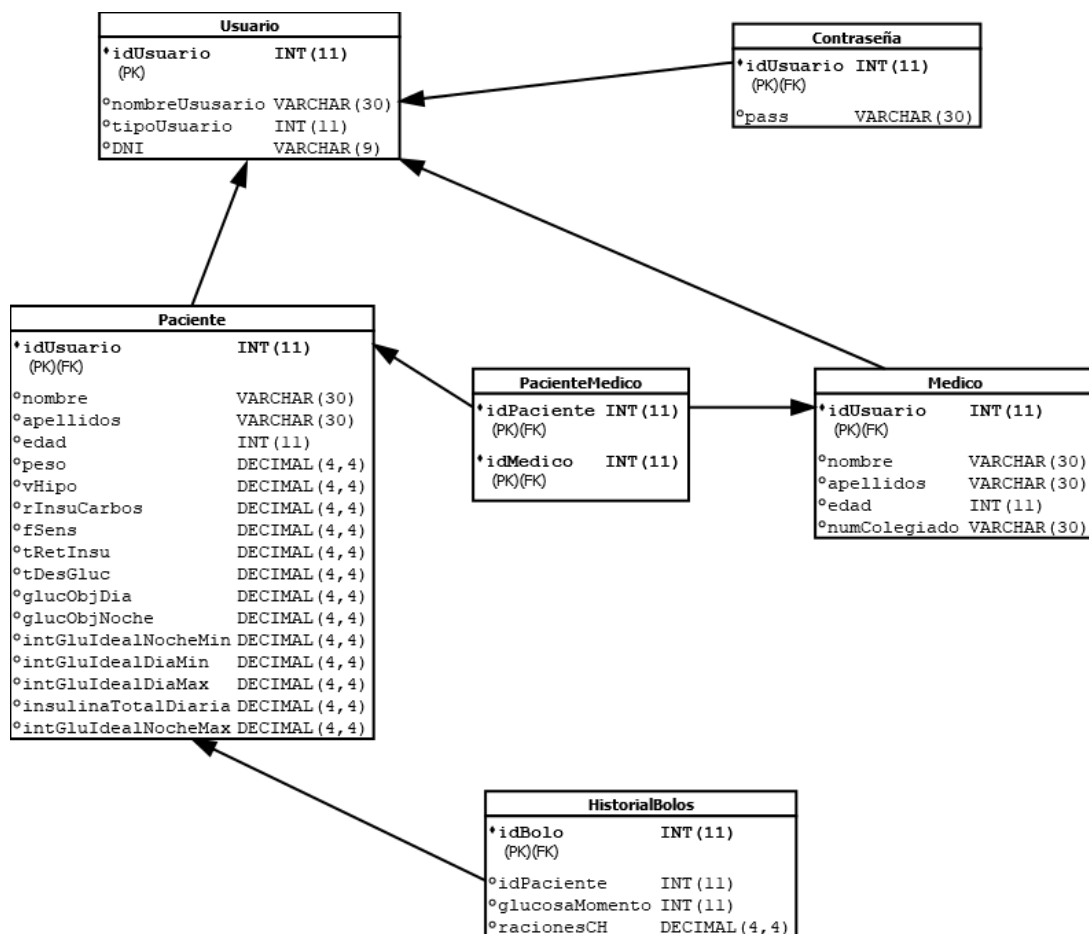


Figura 72: Modelo relacional

La base de datos está compuesta de seis tablas, las cuales están relacionadas entre sí por una serie de claves ajenas. Los atributos de cada tabla han sido analizados para presentar en conjunto una estructura clara y concisa que satisfaga las necesidades de la aplicación.

Las diferentes tablas de la base de datos se describen a continuación:

4.1 Tabla Usuario

En esta tabla se almacenan los identificadores únicos de cada uno de los usuarios que se registran en la aplicación, así como información sobre el tipo de usuario y el DNI con el que el usuario acepta la política de privacidad y las condiciones de uso.

Atributos:

- **idUsuario:** Clave primaria autoincremental que identifica unívocamente de manera interna al usuario registrado.
- **nombreUsuario:** Nombre de usuario único para cada usuario. Mediante este nombre el usuario accede a la aplicación.
- **tipoUsuario:** Identifica al tipo de usuario registrado; 0 si es paciente y 1 si es médico.
- **DNI:** Documento nacional de identidad que el paciente inserta en el registro.

4.2 Tabla Contraseña

Guarda la contraseña relativa a cada usuario de la aplicación. Dicha contraseña se inserta en la base de datos encriptada mediante el algoritmo de encriptación MD5 [16].

Atributos:

- **idUsuario:** Clave primaria autoincremental que identifica al usuario registrado. Es clave ajena de idUsuario de la tabla Usuario.
- **pass:** Contraseña encriptada mediante el algoritmo MD5.

4.3 Tabla Paciente

En ella se almacenan los datos personales y médicos relativos al paciente.

Atributos:

- **idUsuario:** Clave primaria autoincremental que identifica al usuario registrado. Es clave ajena de idUsuario de la tabla Usuario.
- **nombre:** Nombre del paciente.
- **apellidos:** Apellidos del paciente.
- **edad:** Edad del paciente.
- **peso:** Peso del paciente.

- **vHipo:** Valor de glucosa considerado como hipoglucemia. El valor viene dado como mg/dl.
- **rInsuCarbos:** Ratio insulina-carbohidratos.
- **fSens:** Factor de sensibilidad a la insulina. El valor viene dado como mg/dl.
- **tRetInsu:** Tiempo de retardo o tiempo necesario para que se empiece a notar de manera efectiva la acción de la insulina. Se expresa en minutos.
- **tDesGluc:** Tiempo en el que comienza de manera efectiva el descenso de la glucosa después de la inyección de una dosis de insulina. Se expresa en minutos.
- **glucObjDia:** Glucosa objetivo durante el día.
- **glucObjNoche:** Glucosa objetivo durante la noche.
- **intGluIdealNocheMin:** Glucosa mínima ideal durante la noche.
- **intGluIdealNocheMax:** Glucosa máxima ideal durante la noche.
- **intGluIdealDiaMin:** Glucosa mínima ideal durante el día.
- **intGluIdealDiaMax:** Glucosa máxima ideal durante el día.
- **insulinaTotalDiaria:** Insulina total diaria.

4.4 Tabla Medico

En ella se almacena la información relativa al médico.

Atributos:

- **idUsuario:** Clave primaria autoincremental que identifica al usuario registrado. Es clave ajena de idUsuario de la tabla Usuario.
- **nombre:** Nombre del médico.
- **apellidos:** Apellidos del médico.
- **edad:** Edad del médico.
- **numColegiado:** Número de colegiado del médico.

4.5 Tabla PacienteMedico

Relaciona los pacientes con su médico asociado.

Atributos:

- **idPaciente:** Clave primaria que identifica al paciente. Es clave ajena de idUsuario de la tabla Paciente.
- **idMedico:** Clave primaria que identifica al médico. Es clave ajena de idUsuario de la tabla Medico.

4.6 Tabla HistorialBolos

Almacena los bolos calculados por los distintos pacientes.

Atributos:

- **idBolo:** Clave primaria autoincremental que identifica el bolo calculado.
- **idPaciente:** Id del paciente que ha solicitado el cálculo del bolo.
- **glucosaMomento:** Glucosa en el momento del cálculo del bolo.
- **racionesCH:** Raciones de carbohidratos ingeridos por el paciente en el momento del cálculo del bolo.

CAPÍTULO 5

Tecnologías

A continuación se detallan las tecnologías empleadas para cada módulo del proyecto.

5.1 Aplicación iOS

Para el desarrollo de la aplicación se ha utilizado el entorno de desarrollo Xcode 9.2, que Apple ofrece de forma nativa, y el lenguaje de programación Swift 4.0. Dicho Xcode estaba instalado en una máquina Apple con sistema operativo macOS High Sierra 10.13.1.

Todos los componentes anteriormente mencionados eran nuevos para mí, lo cual supuso inicialmente un periodo de adaptación. Dicho periodo de adaptación fue mucho más corto gracias a la comunidad existente y que, en muchos casos, fue de vital importancia para continuar con el desarrollo del proyecto.

El diseño de la interfaz gráfica fue realizado mediante el propio Xcode, el cual cuenta con una plataforma de diseño que permite crear las ventanas y los flujos de la aplicación de una manera sencilla e intuitiva. Dichos flujos se agrupan en *Storyboards*, los cuales ayudan a estructurar las distintas partes de la interfaz, de manera que su construcción es mucho más esquemática y limpia. En estos *Storyboards* se pueden construir las ventanas con una serie de elementos que proporciona Xcode, tales como *View Controllers*, *Labels* o *Text fields*.

5.2 Base de datos

La base de datos utilizada para este proyecto es una base de datos relacional SQLite, concretamente SQLite 3[1], la cual está almacenada directamente sobre el dispositivo y es con la que la aplicación realiza las operaciones necesarias para la lectura y escritura de los diferentes datos.

Las razones por las que se decidió elegir este tipo de base de datos son las siguientes:

- Es ideal para aplicaciones móviles debido a su reducido espacio, facilidad de integración y versatilidad.

- Su eficiencia en la realización de las operaciones de lectura y escritura, siendo más eficiente que otras bases de datos como MySQL o PostgreSQL.
- Su portabilidad y estabilidad era algo imprescindible para elegir el tipo de base de datos a utilizar.
- Es de dominio público, por tanto es posible utilizarla para cualquier dispositivo sin costo alguno y existe posibilidad de redistribuirla libremente.
- Dado que esta aplicación utilizará en un futuro los datos de glUCModel, aplicación desarrollada por la UCM, y esta tiene una base de datos SQL, su integración no debería presentar ningún problema.

5.3 Github

Con el fin de poder salvaguardar los diferentes avances del proyecto y llevar a cabo un correcto control de versiones, me decidí por utilizar Github. Esta herramienta me permitió subir con frecuencia mi desarrollo a lo largo de las semanas, pudiendo revertir algunos de los cambios, realizar modificaciones o subir contenido nuevo.

El proyecto se encuentra en un repositorio público al que también tiene acceso mi tutor, por lo que es posible realizar cualquier comentario por su parte durante las subidas de contenido.

Para consultar cualquier detalle sobre la aplicación, se puede acceder a la siguiente dirección: <https://github.com/RaulAlon/TFG>

CAPÍTULO 6

Conclusiones

El objetivo inicial de este Trabajo de Fin de Grado era el de desarrollar una aplicación para dispositivos iOS que permitiese al paciente calcular bolos de insulina de una manera sencilla e intuitiva desde su dispositivo en cualquier momento basándose en sus datos médicos.

Gracias a este proyecto he adquirido los conocimientos necesarios en Swift 4 y en entornos macOS para desarrollar una aplicación como esta, la cual he ido perfeccionando y mejorando a medida que descubría nuevas características del lenguaje y del entorno en sí. La mejora de la estructura de la aplicación, así como de su eficiencia y la seguridad implementada en ella han sido adquiridos durante la realización de todo el curso.

Por otro lado, la planificación de tareas, el cumplimiento de hitos del proyecto y en general la estructura a seguir para el desarrollo del proyecto, han sido una gran manera de probar mi autonomía frente a un proyecto nuevo, como era este.

Dejando por un momento lo tecnológico de lado, el haberme informado y documentado sobre una enfermedad como es la diabetes me ha ayudado a comprenderla y a entender mejor el estilo de vida que deben seguir quienes la padecen. La aplicación de la tecnología en el sector médico es de vital importancia para lograr el bienestar de multitud de personas de nuestra sociedad.

Finalmente, y después de la realización del proyecto, se puede llegar a la conclusión de que la aplicación cumple con el objetivo inicialmente indicando, proporcionando un calculador completo e intuitivo para aquellas personas que padezcan diabetes, pudiendo registrarse en la aplicación de una manera sencilla y utilizar todas la funcionalidades que les brinda. Además, aparte del objetivo principal, también se ha implementado funcionalidad dedicada a los médicos, los cuales puedes llevar a cabo un seguimiento más exhaustivo de cada uno de sus pacientes. Por último, mediante las funcionalidades de la figura del administrador nos aseguramos de que los datos gestionados en la aplicación son los adecuados.

CHAPTER 6

Conclusions

The initial goal of this Final Degree Project was to develop an iOS application that allows the patient to calculate insulin boluses simply and intuitively from his or her device in any moment based on the medical data.

Thanks to this project, I have gained the necessary knowledge on Swift 4 and macOS environments to develop an app like this one, which I have refined and improved as I discovered new features of the programming language and the environment itself. The improvement of the application structure, as well as its efficiency and the implemented security have been acquired during the completion of the entire course.

Furthermore, the task planning, the compliance of milestones and, in general, the structure to follow for the project development have been a great way to try my autonomy in front of a new project like this one.

Leaving aside for a moment the technological issue, having investigating me and documented about a disease like diabetes has helped me to understand it and to better understand the lifestyle that patients should follow. The application of technology in the medical sector is vital to achieve the welfare of many people in our society.

Finally, and after doing the project, it could be concluded that the application meets the initial objective, providing a complete and intuitive calculator for those people that suffer from diabetes, allowing them to register in the application in a simple way and use all the functionalities. Besides, apart from the main goal, functionalities dedicated to doctors have also been implemented, who could carry out a more comprehensive monitoring of their patients. Lastly, through the functionalities of the administrator we guarantee that the managed data in the app are suitable.

CAPÍTULO 7

Trabajo futuro

Algunas de las mejoras o nuevas funcionalidades que podrían llevarse a cabo en la aplicación son:

[1] Sistema de notificaciones entre médico y paciente

La comunicación entre médico y paciente podría ser de gran utilidad. Mediante estos mensajes internos de la aplicación el paciente podría plantear dudas sobre el tratamiento al médico y este contestarlas de manera remota sin que el paciente tenga que asistir a consulta. De igual manera, el médico puede comunicarse con el paciente para informarle de posibles cambios en su tratamiento.

[2] Lista de todos los bolos sugeridos a los distintos pacientes

Tal y como está desarrollada la aplicación actual, el médico solo puede ver los últimos seis bolos del paciente. Con el fin de mejorar esta faceta de la aplicación, sería necesario crear una nueva vista donde se cargasen todos los bolos calculados de la base de datos, los cuales actualmente ya los almacena el usuario paciente.

[3] Inserción de carbohidratos en base a lista sugerida por la aplicación

En algunas ocasiones el paciente puede no saber con exactitud las raciones de carbohidratos que ha ingerido en una comida, para ayudar a precisar se podría añadir una lista de alimentos junto con sus respectivas fotos y seleccionar las raciones que se han ingerido. Por ejemplo, si el usuario ha ingerido media pizza en la comida, bastaría con seleccionar de la lista el elemento <<Pizza>> y a continuación <<Media Pizza>>. Con esto, el paciente simplificaría el tema de las raciones de carbohidratos ingeridos y el cálculo del bolo podría ser más preciso.

[4] Selección de distintos idiomas

El poder seleccionar el idioma de la aplicación podría ayudar a que más usuarios la descargasen cuando se comercializase.

[5] Generación de informes

Con el fin de analizar de una manera más detallada los datos del paciente y de llevar un seguimiento más exhaustivo, la aplicación podría gestionar el histórico de los bolos de insulina, así como la evolución de los datos médicos del paciente, y generar una serie de gráficas resumen. Esta funcionalidad ayudaría al médico a ver el historial del paciente a largo plazo y al propio paciente a controlar de una manera más clara su enfermedad.

[6] Base de datos externa

Según la aplicación actual, todos los datos están alojados en el propio dispositivo, siendo suficiente para fines académicos pero insuficiente de cara a comercializar la aplicación. Con el fin de mejorar este aspecto, sería necesario crear una base de datos externa y gestionar los accesos a través de un servidor web utilizando una estructura de cliente servidor. Mediante esta estructura, cualquier usuario podría hacer consultas a la base de datos sin problema y no sería necesario que la base de datos estuviera alojada en el propio dispositivo, lo cual aligeraría el tamaño de la aplicación.

CAPÍTULO 8

Apéndices

8.1 Manual de usuario

Con el fin de que los usuarios conozcan todas las funcionalidades disponibles en la aplicación, se ha desarrollado una guía práctica mediante la cual pueda aprovechar todo el potencial de la aplicación.

A continuación se comentan los requisitos básicos para el uso de las apps, así como las funciones disponibles.

8.1.1 Requisitos de la aplicación

Al tratarse de una aplicación desarrollada exclusivamente para dispositivos iOS, el usuario deberá disponer de un teléfono móvil o *tablet* con dicho sistema operativo y una versión igual o superior a la 8.0.

Si en un futuro la aplicación se comercializase, el usuario debería descargarla de la plataforma App Store. Al descargar e instalar la aplicación, el usuario podrá ver el icono de la Figura 74, pudiendo acceder a través de él a la aplicación y viendo la portada que se muestra en la Figura 73.



Figura 74: Portada aplicación



Figura 73: Icono aplicación

Dado que la aplicación puede ser utilizada por tres tipos distintos de usuarios; paciente, médico y administrador, se va a estructurar el manual explicando primero las funcionalidades disponibles sin estar autenticado el usuario en la aplicación, después se explicarán las funcionalidades disponibles para el usuario paciente, posteriormente las funcionalidades del usuario médico y por último, las funcionalidades disponibles para el usuario administrador.

8.1.2 Funcionalidades de usuarios no registrados

Una vez el usuario ha accedido a la aplicación, podrá encontrar dos pestañas. Una será la del *login* o registro, en base a si el usuario está registrado o no, y otra con información de interés sobre la diabetes y sobre el propósito de la aplicación. A continuación, se detalla su manejo.

8.1.2.1 Ver información sobre diabetes

Esta ventana muestra aspectos relativos a la diabetes e introduce el propósito de la aplicación. Deslizando la ventana es posible ver toda la información (Figura 75).

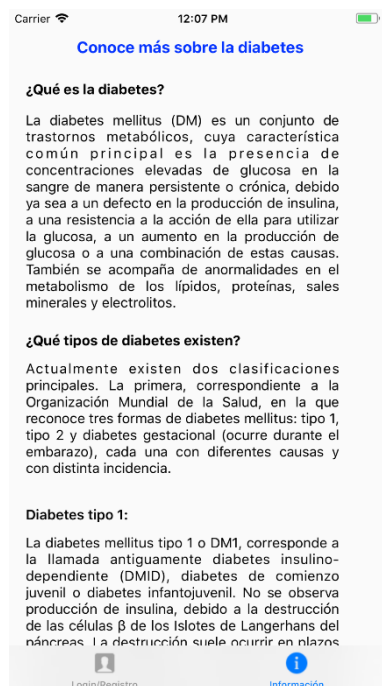


Figura 75: Manual de usuario - Ver información sobre diabetes

8.1.2.2 Registrar usuario

El registro de usuario permite a los usuarios utilizar las funciones asociadas a su perfil. En la misma ventana de *login* el usuario podrá encontrar una opción que le permita acceder al formulario de registro. Dicha opción se muestra en la Figura 76.

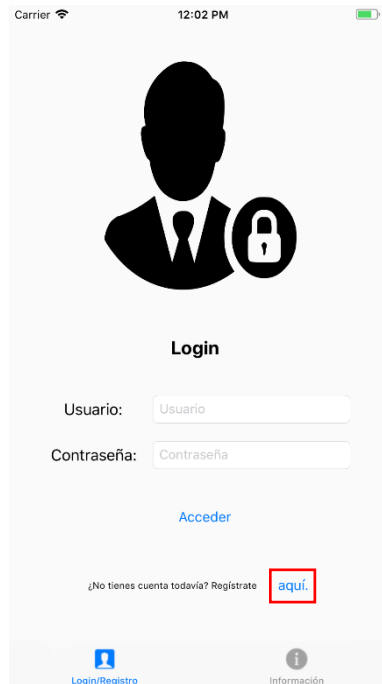


Figura 76: Manual de usuario – Opción de registro

Una vez el usuario haya tocado en el botón con la palabra “aquí”, aparecerá una nueva ventana con todas las campos a rellenar en función de si se quiere registrar como paciente (Figura 77) o médico (Figura 78).

Figura 77: Manual de usuario - Ventana de registro usuario paciente

Figura 78: Manual de usuario – Ventana de registro usuario médico

Tanto si el usuario se registra como paciente o médico tendrá que introducir una serie de datos personales. Entre los datos personales a introducir, el usuario deberá elegir un nombre de usuario único para acceder a la aplicación, mostrándose un error si el usuario que ha elegido ya existe. Además de esto, el usuario deberá introducir una contraseña de, al menos, nueve caracteres alfanuméricos. En caso de no introducir una contraseña con la longitud mínima esperada, la aplicación mostrará un mensaje notificando el fallo.

Si el usuario se registra como paciente, entonces deberá introducir la información médica requerida y podrá seleccionar un médico, que será el que le realice el seguimiento. Por el contrario, si el usuario se registra como médico, entonces la única información médica que deberá introducir es el número de colegiado.

Si alguno de los campos anteriormente mencionados es vacío, la aplicación mostrará un fallo indicándolo (Figura 79).

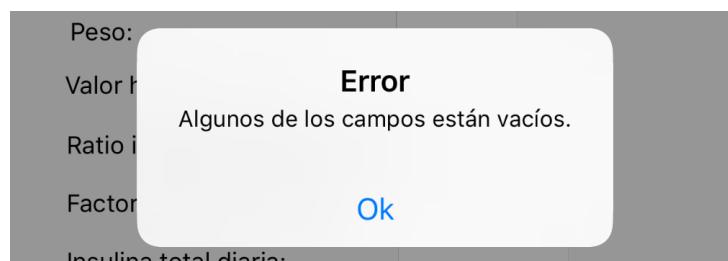


Figura 79: Manual de usuario – Mensaje de error campos vacíos

Una vez introducidos todos los campos de manera correcta, si el usuario pulsa en “Continuar con registro” será redireccionado a una nueva ventana de política de privacidad y condiciones de uso de la aplicación. En esta ventana el usuario deberá aceptar las condiciones especificadas e introducir su DNI.

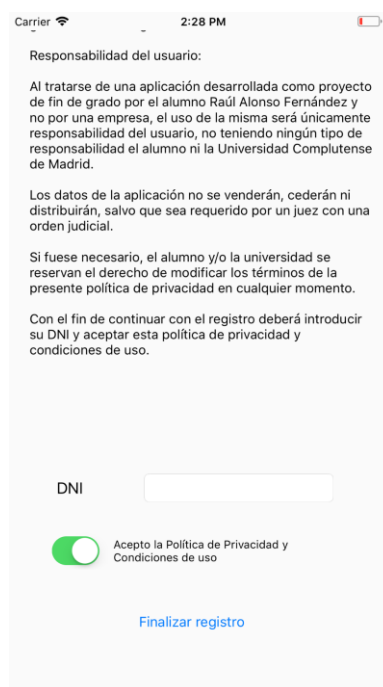


Figura 80: Manual de usuario – Condiciones de uso y política de privacidad

Una vez el usuario haya aceptado las condiciones e introducido su DNI, este será validado y si es correcto se redirigirá a la ventana correspondiente del tipo de usuario. En caso de no aceptar las condiciones, el usuario no podrá continuar el registro.

8.1.3 Funcionalidades de usuarios registrados

Tal y como se ha comentado anteriormente, existen tres tipos de usuarios que pueden autenticarse en la aplicación; pacientes, médicos y administrador. Dado que hay algunas funcionalidades comunes para los tres tipos de usuarios, se van a desarrollar estas primero (iniciar sesión y cerrar sesión) y posteriormente las funcionalidades particulares de cada uno de los perfiles.

8.1.3.1 Iniciar sesión o *log in*

Esta funcionalidad se encuentra en la ventana izquierda del submenú de la aplicación nada más acceder a ella. El usuario deberá introducir su nombre de usuario con el que se registró y la contraseña que eligió (Figura 81). Esta ventana es común a todos los usuarios.

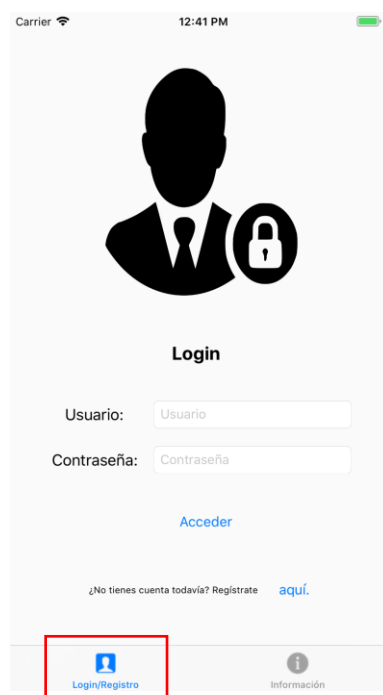


Figura 81: Manual de usuario – Inicio de sesión

Una vez que el usuario haya introducido su nombre de usuario y contraseña, deberá pulsar en el botón de “Acceder” y, si las credenciales son correctas, se le redirigirá al perfil de usuario correspondiente. Por el contrario, si alguno de los datos no es correcto o es vacío, se mostrará un mensaje de error notificándolo (Figura 82).

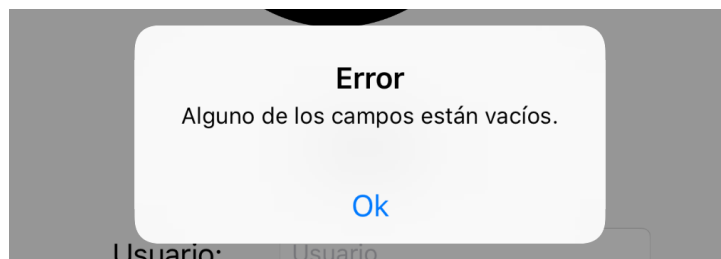


Figura 82: Manual de usuario – Mensaje de campos vacíos al iniciar sesión

8.1.3.2 Cerrar sesión

Esta funcionalidad permite al usuario abandonar la sesión y volver al inicio de la aplicación (ventana de registro/login e información). Para poder cerrar la sesión, el usuario paciente y médico cuentan con un botón como el que se muestra en la Figura 83, en la esquina superior derecha de sus respectivos perfiles, y en el caso del administrador, cuenta con dicho botón en esa misma esquina, pero en ambos listados de pacientes y médicos.



Figura 83: Manual de usuario – Botón cerrar sesión

8.1.3.3 Funcionalidades de usuarios paciente

Una vez el usuario paciente se ha autenticado, podrá hacer uso de las funciones que se comentan en el siguiente apartado.

8.1.3.3.1 Calcular bolo de insulina

El calculador de bolos de insulina es la funcionalidad principal de la aplicación y permite al usuario calcular un bolo prandial o corrector en base a sus datos médicos. En función del tipo de bolo que se desee calcular, el usuario deberá introducir unos datos u otros. A continuación se detallan dichos datos:

- **Bolo prandial**

Los datos a introducir por parte del usuario son la glucosa en el momento de la recomendación y las raciones de carbohidratos ingeridos. El resto de valores necesarios son tomados directamente de la base de datos en base a los datos introducidos por el usuario en el registro de usuario, siendo posible modificar algunos de ellos en el momento del cálculo. En la Figura 84 se muestran los datos modificables.

Carrier 2:21 PM

Calculador de bolos de insulina

Inserte sus datos para calcular el bolo de insulina requerido

Glucosa en el momento de la recomendación (mg/dl)

Raciones de carbohidratos (1 ración = 10 gr)

Glucosa objetivo antes de la comida (mg/dl)

140

Glucosa objetivo (mg/dl)

Día 120.0 Noche 130.0

Factor de sensibilidad 40.0

Ratio insulina/carbohidratos 1.4

Tipo de bolo Prandial Corrector

Gluc. Max Noche 140.0 Gluc. Min Noche 110.0

Gluc. Max Día 140.0 Gluc. Min Día 100.0

[Calcular recomendación](#)

[Calculadora](#) [Perfil paciente](#)

Figura 84: Manual de usuario – Calcular bolo prandial

- **Bolo corrector**

Al igual que con el bolo prandial, el paciente deberá introducir la glucosa en el momento de la recomendación y las raciones de carbohidratos. Adicional a los datos previos, deberá introducir también el tiempo desde la última comida y, si no se dispone de un cálculo previo registrado en la aplicación, se deberá introducir la glucosa en el momento del bolo anterior y la insulina del bolo anterior. En caso de haberse calculado una recomendación anteriormente para el paciente, los campos de glucosa en el bolo anterior y la insulina en el bolo anterior se rellenaran automáticamente por la aplicación. En la Figura 85 quedan señalados los campos a introducir y aquellos que pueden ser modificables en el momento del cálculo.

Figura 85: Manual de usuario – Calcular bolo corrector

Una vez introducidos todos los datos, si el usuario pulsa sobre el botón de “Calcular recomendación”, la aplicación mostrará el resultado del bolo deseado. En la Figura 86 se puede ver el resultado del bolo recomendado en base a una serie de datos introducidos. Por el contrario, si alguno de los campos es vacío, la aplicación mostrará un mensaje notificándolo. Asimismo, si se han introducido todos los datos, pero no le es necesario el bolo al paciente (Figura 88) o bien el tiempo desde la última comida no es el adecuado (Figura 87), se le notificará al usuario.

Figura 86: Manual de usuario – Resultado bolo de insulina

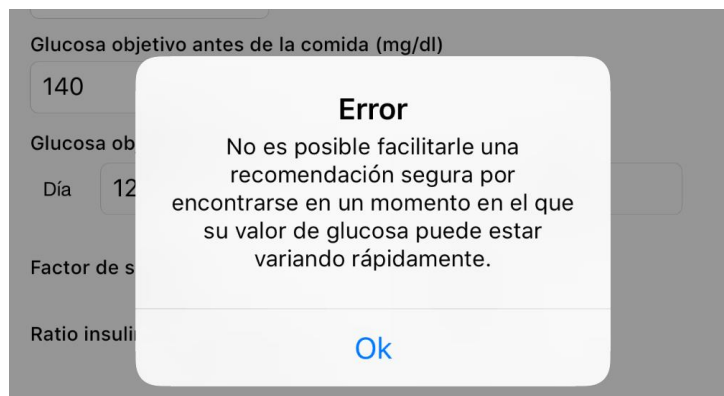


Figura 87: Manual de usuario - Mensaje de notificación comunicando al usuario la imposibilidad de calcular bolo

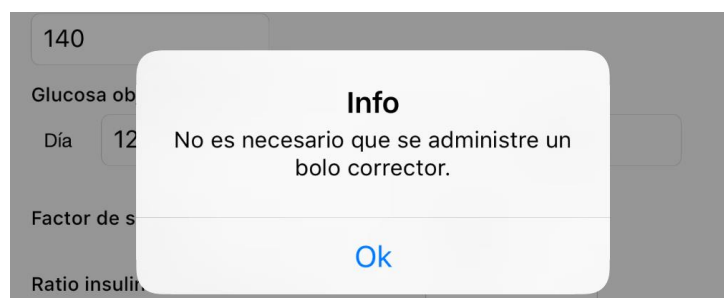
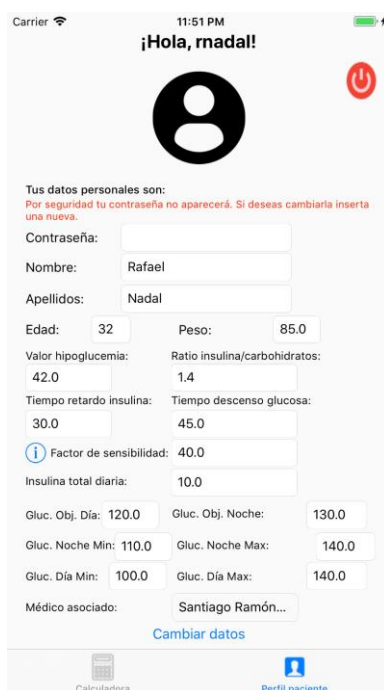


Figura 88: Manual de usuario – Mensaje de notificación comunicando al usuario que no necesita ningún bolo

8.1.3.3.2 Consultar datos perfil paciente y modificar datos perfil paciente

Otra de las funcionalidades disponibles para el usuario paciente en esta aplicación es la de poder consultar y modificar todos sus datos de perfil. Para acceder a esta funcionalidad el usuario deberá tocar en “Perfil paciente”, situado a la derecha del submenú de la ventana que le aparecerá al usuario paciente autenticado.

Una vez el usuario esté en su perfil, podrá consultar todos sus datos personales y médicos, pudiendo modificar cualquier de ellos introduciendo el nuevo valor en el campo oportuno y pulsando sobre el botón “Cambiar datos”, situado en la parte inferior de la ventana (Figura 89).



The screenshot shows the patient profile screen. At the top, it says "¡Hola, rnadal!" next to a red power button icon. Below this is a large black circle representing a profile picture. The screen is divided into two main sections: "Tus datos personales son:" and "Tus datos médicos son:". The personal data section includes fields for "Contraseña:", "Nombre:" (Rafael), "Apellidos:" (Nadal), "Edad:" (32), and "Peso:" (85.0). The medical data section includes fields for "Valor hipoglucemia:" (42.0), "Ratio insulina/carbohidratos:" (1.4), "Tiempo retardo insulina:" (30.0), "Tiempo descenso glucosa:" (45.0), "Factor de sensibilidad:" (40.0), "Insulina total diaria:" (10.0), "Gluc. Obj. Día:" (120.0), "Gluc. Obj. Noche:" (130.0), "Gluc. Noche Min:" (110.0), "Gluc. Noche Max:" (140.0), "Gluc. Día Min:" (100.0), and "Gluc. Día Max:" (140.0). At the bottom, there is a field for "Médico asociado:" (Santiago Ramón...) and a blue button labeled "Cambiar datos". The bottom navigation bar shows "Calculadora" and "Perfil paciente" (which is highlighted).

Figura 89: Manual de usuario – Consultar y modificar datos perfil paciente

Cabe destacar que la contraseña puede estar vacía a la hora de realizar el cambio de datos, realizando el cambio del resto de datos modificados. Si se deja alguno de los datos, que no sea la contraseña, vacíos, la aplicación mostrará un mensaje de error. Además, si se introduce una contraseña nueva y esta no llega a los nueve caracteres alfanuméricos, entonces se mostrará un error. Por el contrario, si todos los datos modificados son correctos, entonces se mostrará un mensaje de confirmación de los cambios (Figura 90).



Figura 90: Manual de usuario – Mensaje de confirmación de cambios perfil paciente

8.1.3.4 Funcionalidades de usuarios médico

Una vez el usuario se ha autenticado en la aplicación, podrá hacer uso de las funcionalidades que se comentan en los siguientes apartados.

8.1.3.4.1 Ver lista de usuarios asociados a médico

En la ventana inicial que le aparece al usuario médico se pueden ver en formato tabla aquellos pacientes que tiene asignados, pudiendo acceder a cada uno de ellos para poder consultar su información. Además, en esta misma ventana, situado en la esquina superior derecha, el médico puede agregar pacientes nuevos en caso de que sea necesario (Figura 91).

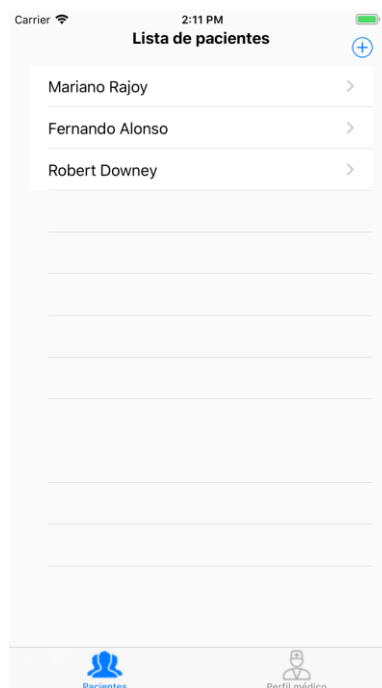


Figura 91: Manual de usuario – Lista de pacientes usuario médico

8.1.3.4.2 Agregar paciente asociado a médico

Si el médico lo precisa, puede agregar pacientes para que el mismo pueda realizarles el seguimiento. Para poder agregar un nuevo paciente, el usuario solo tendrá que tocar el botón con el símbolo de “+” situado en la esquina superior derecha (Figura 92), una vez lo haga será redirigido a una nueva ventana donde tendrá que introducir los datos personales y médicos del paciente (Figura 93).

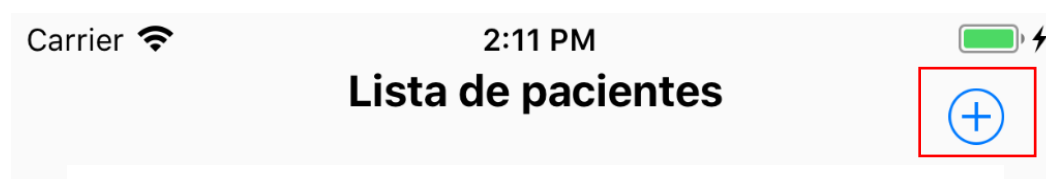


Figura 92: Manual de usuario – Icono agregar paciente nuevo desde perfil médico

Carrier 2:13 PM Max:

[Atrás](#)

Datos del paciente

Atención: Por defecto la contraseña será 123456789

Nombre de usuario:

DNI:

Nombre:

Apellidos:

Edad: Peso:

Valor hipoglucemia:

Ratio insulina/carbohidratos:

Factor de sensibilidad:

Insulina total diaria:

Glucosa objetivo (mg/dl)

Día: Noche:

Intervalo glucemia durante la noche

Min:

Intervalo glucemia durante el día

Min: Max:

[Crear paciente](#)

Figura 93: Manual de usuario – Ventana agregar paciente desde perfil médico

El médico podrá introducir todos los datos personales y médicos a excepción de la contraseña, que se establecerá con un valor por defecto. Una vez se hayan introducido todos los datos, si todos son válidos, la aplicación redireccionará al usuario de nuevo a la lista de pacientes. En caso de que el DNI no sea correcto o haya algún campo vacío, se mostrará un mensaje de error. En la Figura 94 se puede ver el paciente nuevo agregado.

Carrier 2:13 PM

Lista de pacientes

- Mariano Rajoy >
- Fernando Alonso >
- Robert Downey >
- Will Smith >
-
-
-
-
-
-

[Pacientes](#) [Perfil médico](#)

Figura 94: Manual de usuario – Lista de pacientes actualizada con nuevo paciente

8.1.3.4.3 Consultar datos paciente, modificar datos pacientes y eliminar paciente

Una vez el usuario ha accedido a cualquiera de los pacientes, desde la misma ventana, podrá ver y modificar cualquiera de sus datos, así como eliminar el paciente de ser necesario (Figura 95).

Los datos que podrá ver serán los personales, los datos médicos y los últimos bolos calculados por el paciente, de haber realizado algún cálculo previamente.

Asimismo, el usuario médico podrá realizar la modificación de cualquiera de los datos introduciendo nuevos valores y presionando el botón de “Modificar paciente”. Si alguno de los datos es vacío se mostrará un error notificándolo. Por el contrario, si todos los datos son correctos, se mostrará un mensaje confirmando que los cambios se han realizado correctamente (Figura 96).

Carrier 12:14 AM

[Volver a la lista](#)

Datos del paciente

Nombre: Fernando

Apellidos: Alonso

Peso: 70.0 Edad: 34

Valor hipoglucemia: 47.0

Ratio insulina/carbohidratos: 1.4

Factor de sensibilidad: 40.0

Tiempo retardo insulina: 30.0

Tiempo descenso glucosa: 45.0

Insulina total diaria: 13.0

Gluc. Obj. Día: 130.0 Gluc. Obj. Noche: 160.0

Gluc. Min. Noche: 130.0 Gluc. Max. Noche: 170.0

Gluc. Min. Día: 110.0 Gluc. Max. Día: 130.0

Últimos bolos calculados

[Los bolos están ordenados de menos a más recientes.](#)

Bolo 1: 9.8, 120, 7

Bolo 2: 7.0, 140, 5

[Modificar paciente](#) [Eliminar paciente](#)

Figura 95: Manual de usuario – Datos del paciente

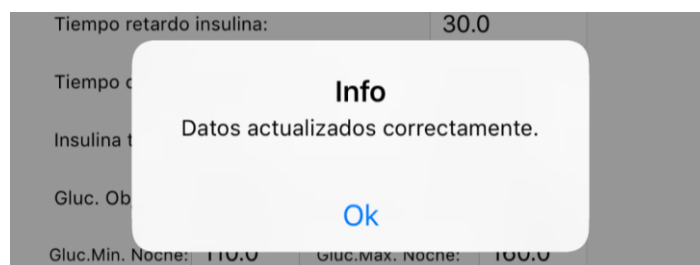


Figura 96: Manual de usuario – Mensaje modificación de datos del paciente desde perfil médico

En el caso de que el usuario desee eliminar al paciente deberá tocar el botón “Eliminar paciente” situado en la parte inferior de la ventana. Antes de realizar la eliminación, el sistema mostrará un mensaje pidiendo la confirmación de la acción (Figura 97).

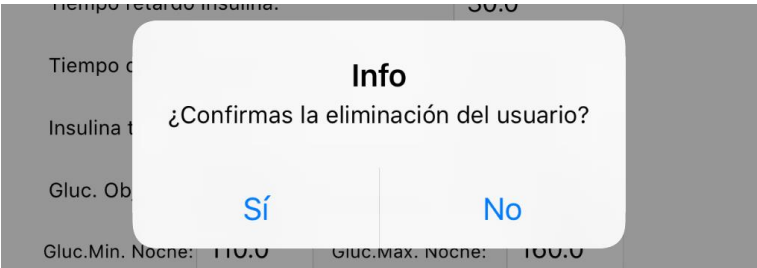


Figura 97: Manual de usuario – Mensaje confirmación de eliminación paciente desde perfil médico

8.1.3.5 Funcionalidades de usuario administrador

Una vez el usuario administrador se ha autenticado, podrá hacer uso de las funciones que se comentan en los siguientes apartados.

8.1.3.5.1 Ver lista de pacientes y médicos

Mediante estas funcionalidades, el usuario puede ver todos los pacientes (Figura 98) y médicos (Figura 99) registrados en la aplicación en formato tabla. En la parte inferior de la ventana, el usuario puede seleccionar que lista ver tocando en las opciones de “Pacientes” o “Médicos”.

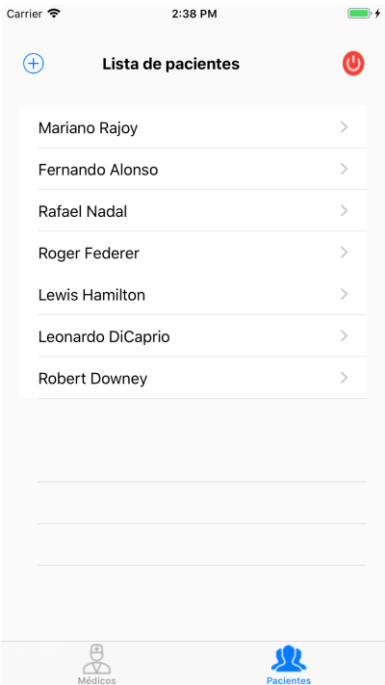


Figura 98: Manual de usuario – Lista de pacientes

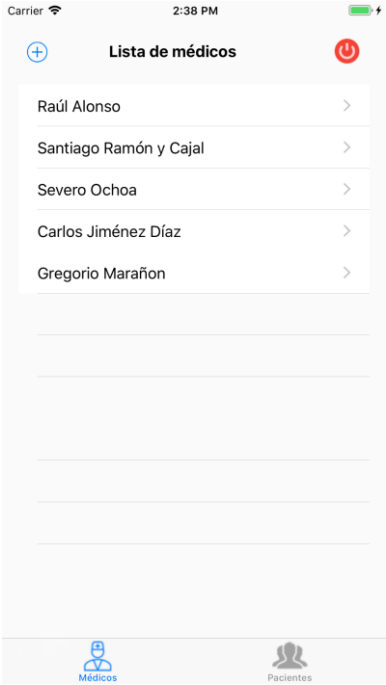


Figura 99: Manual de usuario – Lista de médicos

8.1.3.5.2 Agregar nuevo paciente y nuevo médico

En la esquina superior izquierda de la lista de pacientes y la lista de médicos, el usuario puede encontrar un botón con el símbolo “+”, el cual permite al usuario agregar un nuevo paciente o un nuevo médico en función de lista en la que se encuentre. Si tocamos el botón “+” de la lista de pacientes o médicos, la aplicación redireccionará al usuario a una ventana muy similar a la del registro de usuario.

En la ventana de creación de un nuevo paciente, el usuario deberá introducir los datos personales y médicos del paciente, así como la selección del médico que se le desea asignar al paciente (Figura 100). Una vez introducidos los datos, el usuario tocará el botón “Crear paciente” para la creación del mismo.

Carrier 2:43 PM

[Volver a la lista](#)

Nuevo paciente

Usuario: sjohansson

Introduce una cadena de 9 caracteres como mínimo para asignar una nueva contraseña al paciente.

Contraseña: ••••••••

DNI: 05950837R

Nombre: Scarlett

Apellidos: Johansson

Peso: 56 Edad: 1,60

Ratio insulina/carbohidratos: 1,2

F. Sens.: 40 V. Hipo.: 45

Tiempo retardo insulina: 30

Tiempo descenso glucosa: 45

Insulina total diaria: 13

Gluc. Obj. Día: 120 Gluc. Obj. Noche: 150

Gluc. Min. Día: 100 Gluc. Max Día: 170

Gluc. Min. Noche: 110 Gluc. Max. Noche: 170

Médico asociado: Raúl Alonso

[Crear paciente](#)

Figura 100: Manual de usuario – Agregar nuevo paciente desde perfil administrador

En caso de que los datos introducidos sean válidos, la aplicación redireccionará al usuario de nuevo a la lista de pacientes. Por el contrario, si el nombre de usuario ya existiera, el DNI fuera incorrecto o alguno de los campos estuviese vacío, la aplicación mostraría un mensaje notificando el error.

En el caso de agregar un nuevo médico, los datos a introducir serían los datos personales del médico y el número de colegiado como dato médico (Figura 101). De igual forma que con la agregación de un paciente, si todos los datos son correctos, se redirigirá al usuario a la lista de médicos y si se ha producido algún fallo, la aplicación mostrará un fallo notificándolo.

Carrier 2:35 PM

[Volver a lista](#)

Nuevo médico

Usuario: imedina

Introduce una cadena de 9 caracteres como mínimo para asignar una nueva contraseña al paciente.

Contraseña: ••••••••

Nombre: Ignacio

Apellidos: Medina Fernández

Edad: 66

N° colegiado: 12345F

DNI: 05950837R

[Crear médico](#)

Figura 101: Manual de usuario – Agregar nuevo médico desde perfil administrador

8.1.3.5.3 Consultar, modificar y eliminar paciente/medico

Si el usuario pulsa sobre cualquiera de los médicos o pacientes, de su respectiva lista, será redireccionado a una ventana nueva donde podrá ver toda la información de cada paciente o usuario (Figura 102 y 103), así como poder modificar o eliminar dicho usuario.

Carrier 12:24 AM

[Volver a lista](#)

Datos del paciente

Usuario: mrajoy

Introduce una cadena de 9 caracteres como mínimo para asignar una nueva contraseña al paciente.

Contraseña: ••••••••

DNI: 05950837R

Nombre: Mariano

Apellidos: Rajoy

Edad: 63 Peso: 80.0

Ratio insulina/carbohidratos: 1.2

Insulina total diaria: 12.0

V. Hipoglucemia: 52.0 F. Sens: 40.0

T. Ret. Insu.: 30.0 T. Des. Gluc.: 45.0

Gluc. Obj. Día: 120.0 Gluc. Obj. Noche: 150.0

Gluc.Min. Noche: 130.0 Gluc.Max. Noche: 160.0

Gluc.Min. Día: 110.0 Gluc.Max. Día: 130.0

Medico asociado: Raúl Alonso

[Modificar paciente](#) [Eliminar paciente](#)

Figura 102: Manual de usuario – Consultar, modificar y eliminar paciente

Carrier 12:24 AM

[Volver a la lista](#)

Datos del médico

Usuario:

Introduce una cadena de 9 caracteres como mínimo para asignar una nueva contraseña al paciente.

Contraseña:

Nombre:

Apellidos:

N° colegiado:

Edad:

DNI:

N° de pacientes asignados:

[Modificar médico](#) [Eliminar médico](#)

Figura 103: Manual de usuario – Consultar, modificar y eliminar médico

Tanto para el paciente como para el médico, se podrán realizar modificaciones en los datos personales y médicos, introduciendo los nuevos datos que se deseen y posteriormente tocando en “Modificar paciente” o “Modificar médico” dependiendo de si es un paciente o un médico. Si todos los datos modificados son válidos se mostrará un mensaje confirmando que los cambios se han realizado con éxito (Figura 104). Por el contrario, si alguno de los campos es vacío, se introduce un nombre de usuario que ya existe, se introduce una contraseña de menos de nueve caracteres o bien el DNI no es correcto, entonces la aplicación mostrará un mensaje de error.

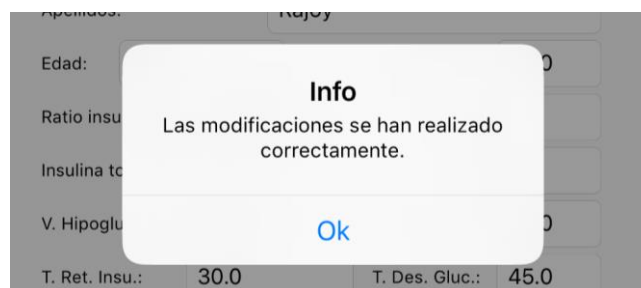


Figura 104: Manual de usuario – Mensaje de confirmación de cambios desde perfil administrador

Para la eliminación de un paciente o médico, el usuario tocará el botón de “Eliminar paciente” o “Eliminar médico” para llevar a cabo la acción. Antes de eliminar al usuario, la aplicación mostrará un mensaje pidiendo la confirmación de la acción (Figura 105).

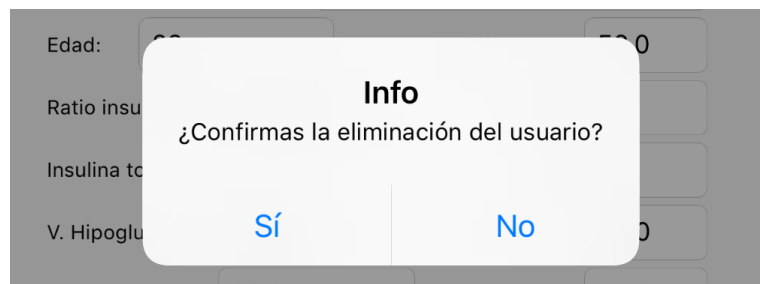


Figura 105: Manual de usuario – Mensaje de confirmación de eliminación de usuario desde perfil administrador

8.2 Descripción del calculador de bolos

Documento proporcionado por el grupo Absys para poder desarrollar el algoritmo en la aplicación.

Descripción del calculador de bolos

J. Ignacio Hidalgo, Esther Maqueda

Universidad Complutense de Madrid

hidalgo@ucm.es

30 de agosto de 2018

Resumen

Los pacientes que sufren diabetes tipo 1 necesitan acompañar las comidas de inyecciones de insulina, ya sea mediante multiples dosis inyectadas manualmente o con la ayuda de una bomba de insulina. En este documento vamos a describir el funcionamiento del calculador de bolos de insulina que vamos a implementar en glUCModel.

1. Introducción

En este documento vamos a describir el funcionamiento del calculador de bolos de insulina que vamos a implementar en glUCModel.

2. Calculador de Bolos

En primer lugar hay que aclarar que el calculador tiene dos situaciones donde aplicarse:

- Calculador del Bolo prandial o antes de las comidas.
- Calculador del Bolo Corrector en cualquier momento del día.

Existen una serie de datos que son necesarios para realizar el cálculo y por tanto la recomendación de insulina. Vamos a separarlo en dos tipos:

- Datos que deben ser proporcionados por el usuario.
- Datos que pueden ser proporcionados por el usuario, pero que idealmente se deberían calcular a partir de los datos de la base de datos o de un medidor continuo de glucosa.

Las unidades utilizadas son

- raciones para los carbohidratos (CH), siendo 1 ración = 10 gr de CH.
- Unidades (U) para la insulina.
- minutos para el tiempo.

3. Datos que deben ser proporcionados por el usuario.

- $G(t)$: valor de la glucosa en el instante en que se solicita la recomendación.
- $C(t)$: Estimación de las raciones de carbohidratos que se van a ingerir, 1 ración = 10 gr.
- G_{obj} : Glucosa objetivo. Dentro de ella distinguimos varios valores
 - G_{obj}^d : Glucosa objetivo durante el día
 - G_{obj}^n : Glucosa objetivo durante la noche
 - G_{obj}^{pre} : Glucosa objetivo antes de las comidas
 - G_{obj}^{+n} : Glucosa objetivo a los n minutos de una comida
- Intervalo de glucemia ideal durante la noche $G_i^m = [G_{i_{low}}^m, G_{i_{high}}^m]$
- Intervalo de glucemia ideal durante el día $G_i^d = [G_{i_{low}}^d, G_{i_{high}}^d]$
- G_{hipo} : valor de glucosa considerado como hipoglucemia.
- P: Peso del paciente.
- Edad del paciente.

4. Datos que pueden ser proporcionados por el usuario, pero que idealmente se deberían calcular a partir de los datos de la base de datos o de un medidor continuo de glucosa

- $R_{\frac{I}{C}}$ ratio insulina-carbohidratos. Es la insulina necesaria para metabolizar una ración de 10 gr de CH.
- S_I factor de sensibilidad a la insulina es el número de mg/dL de glucosa que baja una unidad de insulina. En la base de datos vamos a guardar al menos S_I para el desayuno S_I^b , comida S_I^l y cena S_I^d .
- I_D : Insulina total diaria.
- t_r Tiempo de retardo o tiempo necesario para que se empiece a notar de manera efectiva la acción de la insulina.
- t_{iny} tiempo en el que se inyecta el bolo, que normalmente será el instante t en el que solicitamos la recomendación.
- t_{down} tiempo en el comienza de manera efectiva el descenso de la glucosa después de la inyección de una dosis de insulina.

5. Cómo calcular el factor de sensibilidad a la insulina y el Ratio Insulina -carbohidratos a partir de los datos históricos

Vamos a calcular estos valores de una manera más precisa a partir de la información almacenada en la base de datos. Para ello vamos a tomar franjas de tiempo de 6 horas. El punto de referencia de esas 6 horas es un punto de ingesta de Carbohidratos. Desde ese punto consideramos 2 horas antes y 4 horas después. Consideramos el instante t como el momento en el que tomamos la comida e inyectamos la insulina. Debemos conocer en ese punto:

- $C(t)$: los carbohidratos ingeridos,
- $G(t)$: el valor de glucemia,
- $u(t)$: el valor de la insulina que el paciente se inyectó.

Para el cálculo que nos ocupa en este apartado, solo vamos a utilizar los datos pertenecientes a las 4 horas posteriores a la ingesta, las dos horas anteriores se utilizarán para decidir que patrón utilizar en un momento posterior. En esa franja de 4 horas consideramos que el valor máximo de la glucosa marca el valor de referencia que es consecuencia de la ingesta de carbohidratos y el valor mínimo como el valor al que se llega como consecuencia del efecto de la insulina. Definimos por tanto:

- $G_{[t,t+240]}^{max} = MAX(G(t), G(t+15), G(t+30), \dots, G(t+240))$
- $G_{[t,t+240]}^{min} = MIN(G(t), G(t+15), G(t+30), \dots, G(t+240))$
- $t_{[t,t+240]}^{max}$ instante de tiempo en el que se produce G_{max}^{240}
- $t_{[t,t+240]}^{min}$ instante de tiempo en el que se produce G_{min}^{240}

Los dos últimos valores los conservamos para otros cálculos posteriores: Con esto podemos calcular

$$S_I = \frac{G_{[t,t+240]}^{max} - G_{[t,t+240]}^{min}}{u(t)}$$

y

$$R_{\frac{I}{C}} = \frac{u(t)}{C(t)}$$

Este valor puede contener un error ya que en realidad puede suceder que G_{min}^{240} sea menor que $G(t)$. Eso significaría que parte de la insulina que se ha inyectado en realidad era innecesaria, no obstante como primera aproximación lo consideramos así.

Como se deduce de la explicación tendremos un valor de S_I y un valor de $R_{\frac{I}{C}}$ con cada fracción de tiempo marcada por una comida. Para establecer los valores de un determinado paciente dividimos la serie temporal de glucosa por tramos de 6 horas, para cada tramo calculamos S_I y un valor de $R_{\frac{I}{C}}$ y obtenemos la media.

Estos procedimientos se pueden completar con un clustering inicial y calculando S_I y $R_{\frac{I}{C}}$ medio para cada cluster.

6. Cálculo de los bolos

A continuación detallamos el cálculo de los bolos para las distintas situaciones.

6.1. Bolo prandial

El bolo prandial, $I_r(t)$ acompaña a una ingesta de comida estimada en $C(t)$ raciones de carbohidratos. y se aplica en el instante $t = t_{iny}$ después de una medición de Glucosa, $G(t)$. $C(t)$ es estimado en cada comida por los pacientes, que deberán haber seguido un proceso de formación con el profesional de enfermería. $I_r(t)$ tiene dos componentes:

- I_i : La insulina necesaria para metabolizar la ingesta de carbohidratos. Siempre será un valor ≥ 0
- I_c : El valor de la insulina correctora que puede ser positivo o negativo

$$I_r(t) = I_i + I_c \quad (1)$$

Si $G_{hipo} < G(t) < G_{obj}^{pre}$ la recomendación de insulina para el instante t será:

$$I_r(t) = I_i = C(t) \cdot R_{\frac{I}{C}} \quad (2)$$

Si $G(t) < G_{obj}^{pre}$ ó $G(t) > G_{obj}^{pre}$ se deberán calcular tanto $I_i(t)$, como $I_c(t)$. En ambos casos, I_i no varía y vale por tanto:

$$I_i(t) = C(t) \cdot R_{\frac{I}{C}} \quad (3)$$

Para calcular I_c , necesitamos el factor de sensibilidad a la insulina S_I . Aunque lo ideal sería hacer un cálculo de S_I a partir del histórico de la base datos, se puede estimar de una forma fiable si la dosis total de insulina diaria I_D está entre 0,4 y 0,8 U/kg/día a partir de la siguiente ecuación:

$$S_I = 1800/I_D \quad (4)$$

En este caso la dosis de insulina correctora recomendada antes de la comida (pre-prandial), I_c , será:

- Si $G(t) < G_{obj}^{pre}$

$$I_c = \frac{G_{obj}^{pre} - G(t)}{S_I} \quad (5)$$

y por lo tanto:

$$I_r(t) = C(t) \cdot R_{\frac{I}{C}} + \frac{G_{obj}^{pre} - G(t)}{S_I} \quad (6)$$

- Si $G(t) > G_{obj}^{pre}$

$$I_c = \frac{G(t) - G_{obj}^{pre}}{S_I} \quad (7)$$

y por lo tanto:

$$I_r(t) = C(t) \cdot R_{\frac{I}{C}} + \frac{G(t) - G_{obj}^{pre}}{S_I} \quad (8)$$

En las ecuaciones anteriores podemos trabajar también con los valores de los intervalos de glucosa ideal durante la el día y la noche. En este caso sustituimos según corresponda:

- G_{obj}^{pre} por $G_{i_{low}}^n$ ó $G_{i_{low}}^d$ en la ecuación 6.
- G_{obj}^{pre} por $G_{i_{high}}^n$ ó $G_{i_{high}}^d$ en la ecuación 8.

6.2. Bolo corrector después de la comida

Este bolo se aplica en el instante de tiempo $t+t_c$ cuando después de la comida hay un valor de glucemia $G(t+t_c)$ mucho más alto del esperado a ese instante $G_{esp}(t+t_c)$. Como referencia utilizamos los valores de la tabla 2 en los que se considera que¹:

$$G_{esp}(t+t_c) = G(t) + \Delta post \quad (9)$$

Para ello necesitamos conocer el tiempo de retardo t_r para calcular la insulina activa IOB .

$$t_r = t_{down} - t_{iny} \quad (10)$$

Si no es posible calcular t_r a partir de los datos de la base de datos, consideraremos $t_r = 45$ minutos. y a partir de la ecuación 10:

$$I_{rc}^{post}(t+t_c) = \frac{G(t+t_c) - G_{esp}(t+t_c)}{S_I} - IOB \quad (11)$$

donde G_{esp} es la glucosa esperada al tiempo t e IOB es la insulina activa o *Insulin On Board*. Para Calcular la insulina activa IOB vamos a utilizar el modelo compartimental de Hovorka ???. Este modelo considera que la insulina de los bolos, funciona como un sistema de dos compartimentos C_1 y C_2 regidos por las ecuaciones:

$$\frac{dC_1(t)}{dt} = u(t) - K_{DIA} \cdot C_1(t) \quad (12)$$

$$\frac{dC_2(t)}{dt} = K_{DIA} \cdot (C_1(t) - C_2(t)) \quad (13)$$

donde DIA es la duración de la acción de la isulina(Duration of the Insulin Action) expresada en minutos y $u(t)$ es la dosis de insulina. A partir de estos dos compartimentos podemos estimar la insulina que queda en el cuerpo como:

$$IOB = C_1(t) + C_2(t) \quad (14)$$

Si queremos calcular la insulina para una determinada franja de tiempo utilizaremos las siguientes ecuaciones en diferencias derivadas de las anteriores

$$C_1(t+1) - C_1(t) = u(t) - K_{DIA} \cdot C_1(t) \quad (15)$$

$$C_2(t+1) - C_2(t) = K_{DIA} \cdot (C_1(t) - C_2(t)) \quad (16)$$

que poniendo como condiciones iniciales $C_1(0) = 0$ y $C_2(0) = 0$ nos permitiran calcular IOB para todo t de forma iterativa.

$$C_1(t+1) = u(t) - K_{DIA} \cdot C_1(t) + C_1(t) \quad (17)$$

$$C_2(t+1) = K_{DIA} \cdot (C_1(t) - C_2(t)) + C_2(t) \quad (18)$$

El valor por defecto de K_{DIA} es 0.0182,

El valor por defecto de $G_{esp}(t+t_c)$ es de 200mg/dl

Tabla 1: Valores de glucemia ideal y glucemia objetivo iniciales

Paciente	G_{obj}^n	G_i^n	G_{obj}^{pre}	G_i^d
<i>Gestante</i>	100	80-120	90	70-110
<i>Adulto</i>	120	90-150	110	80-140
<i>Hipoglucemia Inadvertida</i>	130	110-160	120	90-150
<i>Preescolar</i>	155	110-200	140	100-180
<i>Escolar</i>	140	100-180	135	90-180
<i>Adolescente</i>	120	90-150	110	90-130

Tabla 2: Opciones de recomendación

Paciente	t_r	Δ_{post}	t_{acc}	S_{apt}
<i>Gestante</i>	45-60 m	50	180 m	1-2
<i>Adulto</i>	45-90 m	60-80	210-240 m	1
<i>Hipoglucemia Inadvertida</i>	120 m	80-100	300-360 m	0
<i>Preescolar</i>	60 m	80	240 m	0
<i>Escolar</i>	60 m	70	210 m	1
<i>Adolescente</i>	45 m	50-70	180 m	1.5

7. Ejemplo

Supongamos un paciente que es adulto como referencia en las tablas 1 y 2, y suponemos que antes de comenzar nos proporciona los siguientes datos:

- $G_{obj} = 120mg/dl$
- $G_{obj}^d = 120mg/dl$
- $G_{obj}^n = 140mg/dl$
- $G_{obj}^{pre} = 120mg/dl$
- $G_{obj}^{+120} = 190mg/dl$
- $I_D = 6$
- $G^{hipo} = 65mg/dl$:
- $R_{\frac{I}{C}} = 1,2$
- $S_I = 40$
- $t_r = 45$ minutos
- $t_{down} = 15$

7.1. Bolo prandial sin necesidad de corrección

Supongamos que el paciente se realiza una medida de glucosa que da como resultado $G(t) = 120mg/dl$. Este valor se encuentra dentro del rango que se considera

aceptable ya que es igual a G_{obj}^{pre} . Por lo tanto, no se debe aplicar dosis correctora. El siguiente paso es estimar el número de raciones de CH que va ingerir. Supongamos que son 6 raciones. Nos ha proporcionado el dato $R_I = 1,2$. Por lo tanto aplicando la ecuación 2 obtenemos el número de unidades de insulina que se debe recomendar.

$$I_r(t) = 6 \cdot 1,2 = 7,2U \quad (19)$$

7.2. Bolo prandial con corrección negativa

Supongamos ahora que el paciente se realiza una medida de glucosa que da como resultado $G(t) = 72mg/dl$. Según los datos proporcionados por el paciente la glucosa objetivo para antes de las comidas es de 120 mg/dl. Suponiendo de nuevo una ingesta de 6 raciones de carbohidratos y aplicando la ecuación 6:

$$\begin{aligned} I_r(t) &= C(t) \cdot R_{\frac{I}{C}} + \frac{G_{obj}^{pre} - G(t)}{S_I} \\ I_r(t) &= 6 \cdot 1,2 + \frac{72 - 120}{40} = 6U \end{aligned} \quad (20)$$

7.3. Bolo prandial con corrección positiva

Supongamos ahora que el paciente se realiza una medida de glucosa que da como resultado $G(t) = 200mg/dl$. Según los datos proporcionados por el paciente la glucosa objetivo para antes de las comidas es de 120 mg/dl. Suponiendo de nuevo una ingesta de 6 raciones de carbohidratos y aplicando la ecuación 8:

$$\begin{aligned} I_r(t) &= C(t) \cdot R_{\frac{I}{C}} + \frac{G(t) - G_{obj}^{pre}}{S_I} \\ I_r(t) &= 6 \cdot 1,2 + \frac{200 - 120}{40} = 9,2U \end{aligned} \quad (21)$$

7.4. Bolo corrector después de la comida

En algunas situaciones hay que volver a inyectar la insulina después de las comidas para corregir situaciones de hiperglucemia. Supongamos la situación anterior en la que habíamos echo una inyección de 6 U tras aplicar una corrección negativa. Consideremos ahora que a las 2 horas de la comida, realizamos una medida de glucosa y el resultado es $G(t+120) = 272mg/dl$. Según la tabla 2, el incremento aceptable para un adulto a las dos horas es $\Delta_{post} = 80mg/dl$ como máximo. Para calcular el bolo corrector, debemos aplicar la ecuación 11 que repetimos a continuación:

$$I_{rc}^{post}(t + t_c) = \frac{G(t + t_c) - G_{esp}(t + t_c)}{S_I} - IOB$$

donde:

$$G_{esp}(t + t_c) = G(t) + \Delta_{post} = 72 + 80 = 152mg/dl \quad (22)$$

En la tabla 3 hemos calculado IOB mediante las ecuaciones 17 y 18 para 6 unidades de insulina y nos da un valor de 2,162 para $t_c = 120$ y por lo tanto:

$$I_{rc}^{post}(t + t_c) = \frac{272 - 152}{\Delta\alpha} - 2,162 = 0,838U$$

Hay que tener en cuenta que hay que mejorar el valor esperado para aplicar la corrección. Se debería establecer un valor a las 2h cercano a 200 mg/dl en el que se establecería corrección. Además habría que tener en cuenta si se va a realizar ejercicio a continuación. Esto debería aparecer como una alerta en la aplicación.

t	c1	c2	IOB	t	c1	c2	IOB
1.000	6.000	0.000	6.000	61.000	1.993	2.217	4.210
2.000	5.891	0.109	6.000	62.000	1.957	2.213	4.170
3.000	5.784	0.214	5.998	63.000	1.921	2.208	4.129
4.000	5.678	0.316	5.994	64.000	1.886	2.203	4.089
5.000	5.575	0.413	5.988	65.000	1.852	2.197	4.049
6.000	5.474	0.507	5.981	66.000	1.818	2.191	4.009
7.000	5.374	0.598	5.972	67.000	1.785	2.184	3.969
8.000	5.276	0.685	5.961	68.000	1.753	2.177	3.929
9.000	5.180	0.768	5.948	69.000	1.721	2.169	3.890
10.000	5.086	0.848	5.934	70.000	1.689	2.161	3.850
11.000	4.993	0.926	5.919	71.000	1.659	2.152	3.811
12.000	4.902	1.000	5.902	72.000	1.628	2.143	3.772
13.000	4.813	1.071	5.884	73.000	1.599	2.134	3.733
14.000	4.726	1.139	5.864	74.000	1.570	2.124	3.694
15.000	4.640	1.204	5.844	75.000	1.541	2.114	3.655
16.000	4.555	1.267	5.822	76.000	1.513	2.104	3.617
17.000	4.472	1.326	5.799	77.000	1.486	2.093	3.579
18.000	4.391	1.384	5.774	78.000	1.459	2.082	3.540
19.000	4.311	1.438	5.749	79.000	1.432	2.071	3.503
20.000	4.232	1.491	5.723	80.000	1.406	2.059	3.465
21.000	4.155	1.541	5.696	81.000	1.380	2.047	3.427

22.000	4.080	1.588	5.668	82.000	1.355	2.035	3.390
23.000	4.006	1.634	5.639	83.000	1.331	2.023	3.353
24.000	3.933	1.677	5.609	84.000	1.306	2.010	3.316
25.000	3.861	1.718	5.579	85.000	1.283	1.997	3.280
26.000	3.791	1.757	5.548	86.000	1.259	1.984	3.243
27.000	3.722	1.794	5.516	87.000	1.236	1.971	3.207
28.000	3.654	1.829	5.483	88.000	1.214	1.958	3.171
29.000	3.588	1.862	5.450	89.000	1.192	1.944	3.136
30.000	3.522	1.894	5.416	90.000	1.170	1.930	3.100
31.000	3.458	1.923	5.381	91.000	1.149	1.917	3.065
32.000	3.395	1.951	5.346	92.000	1.128	1.903	3.030
33.000	3.333	1.977	5.311	93.000	1.107	1.888	2.996
34.000	3.273	2.002	5.275	94.000	1.087	1.874	2.961
35.000	3.213	2.025	5.238	95.000	1.067	1.860	2.927
36.000	3.155	2.047	5.201	96.000	1.048	1.845	2.893
37.000	3.097	2.067	5.164	97.000	1.029	1.831	2.860
38.000	3.041	2.086	5.127	98.000	1.010	1.816	2.827
39.000	2.986	2.103	5.089	99.000	0.992	1.802	2.793
40.000	2.931	2.119	5.050	100.000	0.974	1.787	2.761
41.000	2.878	2.134	5.012	101.000	0.956	1.772	2.728

t	c1	c2	IOB	t	c1	c2	IOB
42.000	2.826	2.147	4.973	102.000	0.939	1.757	2.696
43.000	2.774	2.160	4.934	103.000	0.922	1.742	2.664
44.000	2.724	2.171	4.895	104.000	0.905	1.727	2.632
45.000	2.674	2.181	4.855	105.000	0.888	1.712	2.601
46.000	2.625	2.190	4.815	106.000	0.872	1.697	2.570
47.000	2.578	2.198	4.776	107.000	0.856	1.682	2.539
48.000	2.531	2.205	4.736	108.000	0.841	1.667	2.508
49.000	2.485	2.211	4.695	109.000	0.825	1.652	2.478
50.000	2.439	2.216	4.655	110.000	0.810	1.637	2.448
51.000	2.395	2.220	4.615	111.000	0.796	1.622	2.418
52.000	2.351	2.223	4.574	112.000	0.781	1.607	2.388
53.000	2.309	2.225	4.534	113.000	0.767	1.592	2.359
54.000	2.267	2.227	4.493	114.000	0.753	1.577	2.330
55.000	2.225	2.228	4.453	115.000	0.739	1.562	2.301
56.000	2.185	2.228	4.412	116.000	0.726	1.547	2.273
57.000	2.145	2.227	4.372	117.000	0.713	1.532	2.245
58.000	2.106	2.225	4.331	118.000	0.700	1.517	2.217
59.000	2.068	2.223	4.291	119.000	0.687	1.502	2.189
60.000	2.030	2.220	4.250	120.000	0.674	1.488	2.162

Tabla 3: IOB para 6 unidades de insulina y 120 minutos, con $K_{DIA} = 0,0182$

7.4.1. Simplificación para el cálculo de Δ_{post}

Para simplificar el cálculo del bolo corrector, podemos realizar una restricción de los casos para la estimación de Δ_{post} . Como se ha descrito, el bolo corrector se realiza en el instante de tiempo $t + t_c$, donde t es el instante de tiempo en el que se realizó la última inyección de insulina y la última ingesta de carbohidratos. Calculamos Δ_{post} como sigue:

- Si $t_c < 90 \Rightarrow \Delta_{post} = G(t_c) - G(t)$
- Si $90 \leq t_c < 105 \Rightarrow \Delta_{post} = 60$
- Si $105 \leq t_c < 125 \Rightarrow \Delta_{post} = 80$
- Si $125 \leq t_c \leq 140 \Rightarrow \Delta_{post} = 60$
- Si $t_c > 140 \Rightarrow \Delta_{post} = G(t_c) - G(t)$

Es decir, consideramos que para $t - c < 90$ y $t_c > 140$ minutos no es necesario realizar ninguna corrección y por lo tanto:

$$I_{r_c}^{post}(t + t_c) = 0 \quad (23)$$

Bibliografía

- [1] APP'S DE DIABETES PARTES I, II y III

Consultar en: <https://republikadiabetes.com/aplicaciones-moviles-de-diabetes/>

- [2] Diabetes, una epidemia del siglo XXI

Consultar en: <http://www.fundaciondiabetes.org/prensa/298/diabetes-una-epidemia-del-siglo-xxi>

- [3] La diabetes en cifras

Consultar en: <https://insulclock.com/la-diabetes-en-cifras/>

- [4] SQLite, el motor de base de datos ágil y robusto

Consultar en: <http://empresayeconomia.republica.com/aplicaciones-para-empresas/sqlite-el-motor-de-base-de-datos-agil-y-robusto.html>

- [5] SQLite Versión 3

Consultar en: <https://www.sqlite.org/version3.html>

- [6] Kilo-LoCo Tutorial SQLite Versión 3

Consultar en: <https://github.com/Kilo-LoCo/SQLite>

- [7] When to use Core Data and when to use sqlite?

Consultar en: <https://stackoverflow.com/questions/11211209/when-to-use-core-data-and-when-to-use-sqlite>

[8] What is Core Data?

Consultar en:

<https://developer.apple.com/library/content/documentation/Cocoa/Conceptual/CoreData/index.html>

[9] Awesome-ios, tutoriales y componentes de iOS

Consultar en: <https://github.com/vsouza/awesome-ios>

[10] Tutoriales sobre Xcode y Swift 4

Consultar en: <https://www.efectoapple.com/tutoriales/>

[11] Interactuar con Core data

Consultar en: <https://es.coursera.org/learn/nube-ios/lecture/ETaNR/interactuar-con-core-data>

[12] Cursos iOS

Consultar en: http://webdiis.unizar.es/~anacris/curso_ios/

[13] glUCModel en iOS

Consultar en: <https://itunes.apple.com/es/app/glucmodel/id945626329?mt=8>

[14] Cálculo de la dosis de insulina

Consultar en: <https://drc.ucsf.edu/es/tipos-de-diabetes/diabetes-tipo-2/tratamiento-de-la-diabetes-tipo-2/medicamentos-y-terapias-2/prescripcion-de-insulina-para-diabetes-tipo-2/calculo-de-la-dosis-de-insulina/>

[15] Diabetes mellitus

Consultar en: https://es.wikipedia.org/wiki/Diabetes_mellitus

[16] Librería para la encriptación de contraseñas con algoritmo MD5 en iOS

Consultar en: <https://github.com/onmyway133/SwiftHash>

